

Effect verlaging gebruiksnorm en afvoer gewasresten op de nitraatuitspoeling

Deelonderzoek voor Telers Mineraal Paraat uitgevoerd in 2005-2007
binnen project Nutriënten Waterproof

W.C.A. van Geel

© 2008 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit is een vertrouwelijk document, uitsluitend bedoeld voor intern gebruik binnen PPO dan wel met toestemming door derden. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermenigvuldigd of verspreid voor extern gebruik.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht en met financiering van:

Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

Dit onderzoek en verslag is mede tot stand gekomen dankzij onderstaande onderzoekers:

J.J. de Haan (PPO)
F.J. de Ruijter (PRI)
A.L. Smit (PRI)
H.A.G. Verstegen (PPO)

PPO-projectnummer: 32 500181

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector agv

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 10 00
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	11
2 EFFECT VAN VERLAAGDE N-GEbruIKSNORMEN.....	13
2.1 Consumptie-aardappelen	14
2.1.1 Opzet- en uitvoering	14
2.1.2 Resultaten.....	15
2.2 Snijmais	18
2.2.1 Opzet en uitvoering.....	18
2.2.2 Resultaten.....	19
2.3 Prei	22
2.3.1 Opzet- en uitvoering 2005	22
2.3.2 Resultaten 2005.....	23
2.3.3 Opzet- en uitvoering 2006	24
2.3.4 Resultaten 2006.....	24
2.4 Broccoli, dubbelteelt.....	27
2.4.1 Opzet en uitvoering.....	27
2.4.2 Resultaten.....	28
2.5 Suikerbiet.....	30
2.5.1 Opzet en uitvoering 2006.....	30
2.5.2 Resultaten 2006.....	30
2.5.3 Opzet en uitvoering 2005 (NWP).....	33
2.5.4 Resultaten 2005.....	33
2.6 Samenvatting van de resultaten en discussie	33
3 AFVOEREN VAN GEWASRESTEN	41
3.1 Afvoer van suikerbietengewasresten	41
3.1.1 Opzet en uitvoering.....	41
3.1.2 Resultaten.....	42
3.1.3 Discussie	46
3.2 Mineralisatie uit gewasresten erwten.....	47
3.2.1 Doelstelling en werkwijze.....	47
3.2.2 Resultaten en discussie.....	48
4 CONCLUSIES	53
LITERATUUR.....	55
BIJLAGE 1. OVERZICHT PERCEELSINDELING GEÏNTEGREERDE BEDRIJFSSYSTEMEN NUTRIËNTEN WATERPROOF 2005	57
BIJLAGE 2. OVERZICHT PERCEELSINDELING GEÏNTEGREERDE BEDRIJFSSYSTEMEN NUTRIËNTEN WATERPROOF 2006	58
BIJLAGE 3. TEELTUITVOERING CONSUMPTIE-AARDAPPELEN NWP/TMP 2005	59

BIJLAGE 4. TEELTUITVOERING CONSUMPTIE-AARDAPPELEN NWP/TMP 2006	60
BIJLAGE 5. TEELTUITVOERING SNIJMAÏS NWP/TMP 2005	61
BIJLAGE 6. TEELTUITVOERING SNIJMAÏS NWP/TMP 2006	62
BIJLAGE 7. TEELTUITVOERING PREI NWP/TMP 2005-2006.....	63
BIJLAGE 8. TEELTUITVOERING PREI NWP/TMP 2006-2007.....	65
BIJLAGE 9. TEELTUITVOERING BROCCOLI NWP/TMP 2005	66
BIJLAGE 10. TEELTUITVOERING SUIKERBIET NWP/TMP 2006	67
BIJLAGE 11. TEELTUITVOERING SUIKERBIET NWP 2005	68
BIJLAGE 12. BEREKENING VAN VERSCHIL IN N-BODEMVERSCHOT NAAR VERSCHIL IN NITRAATGEHALTE	69
BIJLAGE 13. NEERSLAGOVERSCHOT PROEFBOERDERIJ VREDEPEEL	70
INFORMATIEBLAD MINERALEN EN MILIEUKWALITEIT Effecten van gereduceerd bemesten in consumptie-aardappel op drie praktijkpercelen	71

Samenvatting

In dit rapport wordt het deelonderzoek beschreven dat in 2005-2006 en 2006-2007 voor Telers Mineraal Paraat is uitgevoerd in project Nutriënten Waterproof (NWP) op proefbedrijf Vredepeel.

Er wordt voorzien dat in bepaalde kritische gebieden een verlaging van de stikstofgebruiksnormen (tot onder landelijk advies) noodzakelijk zal zijn om aan de EU-eisen voor het nitraatgehalte in bovenste grondwater te kunnen voldoen. Vragen die hierbij beantwoord moeten worden zijn:

- In hoeverre kan de doelstelling van de nitraatconcentratie gerealiseerd worden door aangescherpte gebruiksnormen?
- Welke opbrengstdaling zal optreden bij gebruiksnormen die lager zijn dan de adviesbemesting?

Bij verschillende gewassen (aardappel, snijmaïs, suikerbiet, prei en broccoli) is daartoe een stikstofgift volgens de gebruiksnorm vergeleken met een gift à 70-80% van de gebruiksnorm. Bij broccoli betrof het een dubbelteelt. In de 1^e broccoliteelt kwamen de N-giften overeen met 100% en 70% van de gebruiksnorm, in de volgteelt zijn lagere giften gehanteerd, vanwege de N-mineralisatie uit de gewasresten van de 1^e teelt.

Afvoer van gewasresten is een andere mogelijkheid om in ieder geval het stikstofoverschot te verkleinen. De onderzoeksvraag hierbij is of dit ook tot een sterke vermindering van het daadwerkelijk stikstofverlies en de nitraatuitspoeling leidt. Dit is twee jaar onderzocht bij suikerbiet. Ook bij doperwt is gekeken naar het effect van wel of niet afvoeren van de gewasresten op het beschikbaar komen van extra minerale stikstof in de bodem en de mate waarin het volggewas prei profiteerde van de stikstof uit het erwtenloof.

Het effect op de reductie van het nitraatgehalte in het ondiepe grondwater is in het onderzoek niet direct gemeten, maar volgens drie verschillende methoden berekend:

1. volgens de rekenmethode van de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG) op basis van het vastgestelde stikstofoverschot en het mest-abc;
2. met behulp van de in Sturen op Nitraat gevonden relatie tussen Nmin-najaar en nitraatgehalte van het grondwater;
3. op basis van het Nmin-verlies uit de laag 0-90 cm in de winterperiode, gedeeld door het neerslagoverschot.

Verlaging van de gebruiksnorm

Het effect van de verlaagde stikstofgebruiksnorm op de opbrengst en kwaliteit en de reductie van de nitraatuitspoeling in de winter verschilde per jaar en per gewas. Meestal leidde bemesting volgens de verlaagde stikstofgebruiksnormen tot een financiële opbrengstderving, maar soms niet of gaf het een hoger financieel saldo. In de vollegrondsgroententeelten was de financiële derving het grootst.

De drie rekenmethoden voor de bepaling van de nitraatreductie leverden verschillende uitkomsten op. De berekende reductie volgens de Sturen op Nitraat-relatie was meestal lager dan de berekende reductie volgens de WOG-methode of op basis van gemeten Nmin-verlies en neerslagoverschot in de winterperiode. Voor een teelt die weinig Nmin in de bodem nalaat maar veel stikstof in de gewasresten, moet worden betwijfeld of de relatie van Sturen op Nitraat bruikbaar is. Voor het overige is op basis van dit tweejarig onderzoek is niet te concluderen welke methode beter is.

In aardappel leidde bemesting à 75% van de gebruiksnorm tot een 8% lagere marktbaar knolopbrengst in 2005, maar een 6% hogere opbrengst in 2006. De lagere N-bemesting had niet tot nauwelijks nadelig effect op de kwaliteit. Gemiddeld over de beide jaren was er geen financiële opbrengstderving. De resultaten van aardappel zijn samengevat in tabel A.

De indruk is dat in 2006 de algehele groeiomstandigheden eerder beperkend waren voor de knolopbrengst dan de stikstofvoorziening en dat de opbrengst onder gunstigere groeiomstandigheden wellicht hoger was geweest bij bemesting volgens 100% van de gebruiksnorm.

De verlaagde gebruiksnorm gaf een berekende verlaging van het nitraatgehalte, varieerde van niets tot 23 mg NO₃ per l in 2005 en van 9 tot 54 mg/l in 2006, afhankelijk van de rekenmethode.

Tabel A. **Effect verlaagde gebruiksnorm of N-gift op de opbrengst, kwaliteit en uitspoelingsparameters bij consumptieaardappel**

	2005	2006
N-gift à 100% gebruiksnorm zand 2006 (kg N/ha)	265	265
Verlaagde N-gift (kg N/ha) à -25%	200	200
Effect verlaagde N-gift op:		
• totale netto knolopbrengst (ton/ha)	-3,5 (-7%)	+2,8 (+6%)
• knolopbrengst opbrengst >30 mm (ton/ha)	-3,6 (-8%)	+2,7 (+6%)
• maatsortering	gelijk	gelijk
• onderwatergewicht (g)	gelijk	nauwelijks verschil
• financieel saldo (per ha)	-€235	+€275
• N-overschot (kg N/ha)	-25	-58
• Nmin 0-90 cm begin nov (kg N/ha)	-14	-13
• nitraatgehalte (mg NO ₃ /l) volgens:		
○ WOG-methode / mest-abc	-23	-54
○ relatie Sturen op Nitraat	-10	-9
○ Nmin-verlies winter uit de laag 0-90 cm	geen verlaging	-24

In snijmais leidde bemesting à 70% van de gebruiksnorm tot een 3% lagere drogestofopbrengst in 2005 en een 19% lagere opbrengst in 2006 en een verlaging van het financieel saldo met €65,- per ha in 2005 en €310,- per ha in 2006. Het leidde tot een berekende verlaging van het nitraatgehalte van 10-22 mg NO₃ per l in 2005 en 4-22 mg/l in 2006, afhankelijk van de rekenmethode. De resultaten van snijmais zijn samengevat in tabel B.

Toediening van de verlaagde N-gift in mais à 70% van de gebruiksnorm gaf in beide jaren geen opbrengst-derving wanneer de stikstof volledig als rijenbemesting werd toegediend gelijktijdig met het zaaien en het gaf volgens de WOG-methode een nog sterkere, berekende verlaging van het nitraatgehalte. Financieel gaf het echter wel een derving van gemiddeld €65,- per ha door de hogere bemestingskosten: vervanging van drijfmest door kunstmest.

Tabel B. **Effect verlaagde gebruiksnorm of N-gift op de opbrengst, kwaliteit en uitspoelingsparameters bij snijmais**

	2005		2006	
N-gift à 100% gebruiksnorm zand 2006 (kg N/ha)	175 ¹		175 ¹	
Verlaagde N-gift (kg N/ha) à -30%	120		120	
Effect verlaagde N-gift op:	<i>volvelds²</i>	<i>rij²</i>	<i>volvelds²</i>	<i>rij²</i>
• drogestofopbrengst (ton/ha)	-0,5 (-3%)	+0,1 (+1%)	-2,4 (-19%)	0 (0%)
• drogestofgehalte	niet nadelig	niet nadelig	niet nadelig	niet nadelig
• financieel saldo (per ha)	-€65	-€55	-€310	-€75
• N-overschot (kg N/ha)	-17	-25	-4	-48
• Nmin 0-90 cm begin nov (kg N/ha)	-14	-17	-11	0
• nitraatgehalte (mg NO ₃ /l) volgens:				
○ WOG-methode / mest-abc	-16	-23	-4	-45
○ relatie Sturen op Nitraat	-10	-12	-8	0
○ Nmin-verlies winter uit de laag 0-90 cm	-22	-	-22	-

Noten:

1. N-gift die inligt tussen de gebruiksnorm voor bedrijven met en zonder derogatie.
2. Effect bij 120 kg N/ha als volvelds bemesting dan wel als rijenbemesting.

In winterprei waren de N-giften in 2005-2006 lager dan 100% en 75% van de gebruiksnorm. Er was op voorhand rekening gehouden met een hoge stikstofwerking uit de gewasresten van de voorvrucht erwit, die achteraf laag bleek te zijn.

Bij de lagere N-gift was de totale marktbaar opbrengst lager, maar de kwaliteit en de opbrengst in klasse I

hoger. Het effect op de financiële opbrengst kon niet goed worden bepaald door het ontbreken van informatie over het verschil in uitbetalingsprijs tussen de verschillende kwaliteitsklassen. De resultaten van prei zijn samengevat in tabel C.

In 2006-2007 leidde bemesting à 70% van de gebruiksnorm 2007 tot een 3% lagere marktbaar opbrengst en een financiële derving €400,- per ha. Het gaf geen lagere kwaliteit.

Het was in de winterprei alleen mogelijk om de verlaging van het nitraatgehalte te voorspelen volgens de WOG-methode.

In beide jaren bleek de stikstoflevering uit de bodem laag tot zeer laag te zijn. Het gevonden onderzoeksresultaat is derhalve niet representatief voor percelen die veel stikstof leveren.

De resultaten van prei lenen zich er niet voor om een betrouwbare uitspraak te doen over het financieel-economisch en milieukundig effect van de verlaagde gebruiksnorm.

Tabel C. **Effect verlaagde gebruiksnorm of N-gift op de opbrengst, kwaliteit en uitspoelingsparameters bij winterprei**

	2005	2006
N-gift à 100% gebruiksnorm zand 2006 resp. 2007 (kg N/ha)	245 (172) ¹	235
Verlaagde N-gift (kg N/ha) à -25% (2005) en -30% (2006)	185 (117) ¹	165
Effect verlaagde N-gift op:		
• marktbaar opbrengst (ton/ha)	-2,9 (-11%)	-0,8 (-3%)
• klasse 1 (%; absoluut)	+17%	geen effect
• klasse 1 (ton/ha)	+2,3 (+14%)	-0,8 (-3%)
• financieel saldo (per ha)	? ²	-€400
• N-overschot (kg N/ha)	-19	-51
• Nmin 0-90 cm begin resp. half nov (kg N/ha)	-8 ³	-5 ³
• nitraatgehalte (mg NO ₃ /l) volgens:		
○ WOG-methode / mest-abc	-18	-48
○ relatie Sturen op Nitraat	niet bekend	niet bekend
○ Nmin-verlies winter uit de laag 0-90 cm	niet bekend	niet bekend

Noten:

1. Tussen haakjes: de daadwerkelijk gegeven hoeveelheid stikstof.
2. Door het ontbreken van informatie over het verschil in uitbetalingsprijs tussen de verschillende kwaliteitsklassen, kon het effect op de financiële opbrengst niet worden berekend.
3. In de bodemlaag 0-60 cm

In de dubbelteelt broccoli in 2005 leidde bemesting à 70% van de gebruiksnorm tot een 9% lagere marktbaar schermopbrengst in de 1^e teelt en een financiële derving van €845,- per ha. In de 2^e teelt was het opbrengstverschil tussen de twee gehanteerde N-niveaus (à 45% en 75% van de gebruiksnorm) nog groter (bij oogst op hetzelfde moment). Echter, bij de hoge N-gift was te laat geoogst (voorbij het optimale moment), wat resulteerde in een hoger aandeel grote schermen, waarvoor een lagere prijs wordt verkregen. Indien eerder was geoogst, was de opbrengst lager geweest en naar verwachting weinig hoger dan bij de lagere N-gift. De lagere N-gift leidde in beide teelten niet tot een slechtere kwaliteit. De verlaagde N-bemesting in de dubbelteelt broccoli gaf een berekende verlaging van het nitraatgehalte van 52-159 mg NO₃/l, afhankelijk van de rekenmethode. De resultaten van broccoli zijn samengevat in tabel D.

Tabel D. **Effect verlaagde gebruiksnorm of N-gift op de opbrengst, kwaliteit en uitspoelingsparameters bij de dubbelteelt broccoli in 2005**

	1 ^e teelt	2 ^e teelt
N-gift à 100% gebruiksnorm zand 2006 (kg N/ha)	270	195 ¹
Verlaagde N-gift (kg N/ha)	190	115
Effect verlaagde N-gift op:		
• marktbaar opbrengst schermen (ton/ha)	-1,4 (-9%)	-3,4 (-18%)
• kwaliteit	gelijk	gelijk
• financieel saldo (per ha)	-€845	? ²
• N-overschot (kg N/ha)		-149
• Nmin 0-90 cm begin nov (kg N/ha)		-75
• nitraatgehalte (mg NO ₃ /l) volgens:		
○ WOG-methode		-140
○ relatie Sturen op Nitraat		-52
○ Nmin-verlies winter uit de laag 0-90 cm		-159

Noten:

1. Lager dan de gebruiksnorm bemest, vanwege hoge N-mineralisatie uit gewasresten van de 1^e teelt.
2. Door het ontbreken van informatie over het verschil in uitbetalingsprijs tussen de verschillende sorteermaten, kon het effect op de financiële opbrengst niet worden berekend. Indien bij de hoge N-gift vroeger was geoogst en de sorteerverhouding bij beide N-giften gelijk was geweest, zou het opbrengstverschil naar schatting 160 à 280 kg/ha hebben bedragen en de financiële opbrengstderiving €55 à €150 per ha.

In suikerbiet in 2006 leidde bemesting à 80% van de gebruiksnorm tot een iets lagere wortelopbrengst, een iets hoger suikergehalte en geen lager financieel saldo. Bemesting volgens de landelijk N-bemestingsrichtlijn kwam overeen met 125% van de gebruiksnorm en resulteerde in wat hogere wortelopbrengst, maar in een iets lager suikergehalte en iets lagere winbaarheid en een financiële deriving van €40,- per ha. In 2005 daarentegen, gaf bemesting à 125% van de gebruiksnorm een hogere wortelopbrengst en ook een hoger financieel saldo dan een gift à 95% van de gebruiksnorm. De resultaten van biet zijn samengevat in tabel E.

De verlaagde gebruiksnorm gaf in 2006 volgens de WOG-methode een geringe, berekende verlaging van het nitraatgehalte (15 mg NO₃ per l). De gift volgens de N-richtlijn gaf in beide jaren enige verhoging. Op basis van het berekende Nmin-verlies in de winterperiode alsook op basis van de relatie van Sturen op Nitraat kwam geen duidelijk verschil tussen de objecten naar voren t.a.v. de nitraatuitspoeling.

Tabel E. **Effect verlaagde gebruiksnorm of N-gift en adviesgift volgens de N-bemestingsrichtlijn ten opzichte van de gebruiksnormgift op de opbrengst, kwaliteit en uitspoelingsparameters bij suikerbiet (2006)**

	2006		2005
	Verlaagde gift	Adviesgift	Adviesgift
N-gift à 100% gebruiksnorm zand 2006 (kg N/ha)	150	150	150
Verlaagde N-gift (kg N/ha) à -20% respectievelijk adviesgift (+25%)	120	190	190
Effect verlaagde N-gift respectievelijk adviesgift op:			
• wortelopbrengst (ton/ha)	-0,7 (-1%)	+1,4 (+2%)	+6,0 (+9%)
• suikergehalte (%; absoluut)	+0,1	-0,2	gelijk
• winbaarheid (indexcijfer)	gelijk	-0,4	-0,1
• financiële opbrengst	-€10	-€10	+€275
• financieel saldo (per ha)	+€15	-€40	€240
• N-overschot (kg N/ha)	-16	+27	+21
• Nmin 0-90 cm begin nov (kg N/ha)	geen	geen	+2
• nitraatgehalte (mg NO ₃ /l) volgens:			
○ WOG-methode / mest-abc	-16	+26	+20
○ relatie Sturen op Nitraat	geen verlaging	-8	+1
○ Nmin-verlies winter uit de laag 0-90 cm	geen duidelijk verschil	geen duidelijk verschil	niet bekend

De gevolgen van de verlaagde N-gift op de (financiële) opbrengst varieerden nogal per jaar of perceel. Hoeveel stikstof een gewas nodig heeft voor een optimale opbrengst en kwaliteit, is erg afhankelijk van de groeiomstandigheden (met name perceels- en weersinvloed) en kan per situatie verschillen. Hoe groot de schade is door verlaging van de gebruiksnorm hangt af van hoe groot het verschil is met de optimale N-gift voor de betreffende groeiomstandigheden. Naarmate de verlaagde gift verder onder die optimale N-gift ligt, zal de (financiële) opbrengstderving groter zijn.

Bij hantering van de WOG-methode was in aardappel, maïs en prei de tendens aanwezig dat een sterkere opbrengstderving bij verlaagde N-gift gepaard ging met een geringere reductie van het N-overschot en een zwakke of geen opbrengstderving met een sterkere reductie van het N-overschot.

De werkelijk gemeten nitraatconcentraties, op de proefpercelen van het project Nutriënten Waterproof te Vredepeel, bleken bij hetzelfde gewas met een min of meer zelfde stikstofinput in beide jaren nogal te verschillen, vermoedelijk als gevolg van de perceelsinvloed. Dit maakt het moeilijk om het effect van de verlaagde gebruiksnormen op de (berekende) verlaging van het nitraatgehalte goed te waarderen: een reductie van bijvoorbeeld 25 mg NO₃/l is bij een nitraatgehalte van 150 mg/l relatief klein en bij een nitraatgehalte van 60 mg/l relatief groot.

Dat het effect van verlaagde gebruiksnormen op de opbrengst en het nitraatgehalte verschilt tussen percelen (of telers) alsook dat het niveau van het nitraatgehalte verschilt, werd in 2006 ook gevonden in een praktijktoets met aardappel op zandgrond. Zie het informatieblad "Effecten van gereduceerd bemesten in consumptie-aardappel op drie praktijkpercelen", dat achterin dit verslag is opgenomen.

Om voldoende betrouwbaar te kunnen vaststellen wat gemiddeld genomen het effect van verlaging van de gebruiksnorm is op de financiële opbrengst en op de reductie van het nitraatgehalte in het grondwater, moeten meer onderzoeksgegevens worden verzameld van meerdere locaties/percelen en meerdere jaren. Een à twee jaar van onderzoek op één locatie is daarvoor te weinig. De resultaten van het tweejarig onderzoek op Vredepeel zullen daarom tesamen met andere onderzoeksresultaten omtrent verlaging van de gebruiksnormen moeten worden beoordeeld.

Invloed gewasresten op de nitraatuitspoeling

Het afvoeren van bietenloof lijkt geen bijzonder effectieve maatregel om de nitraatuitspoeling te verminderen. In 2005 bedroeg de berekende reductie van het stikstofverlies ca. 5 kg N/ha, zowel bij de oogst van half september als van eind oktober. In 2006 was de berekende reductie hoger en bedroeg ca. 33 kg N/ha bij de oogst van half september en 21 kg N/ha bij de oogst van eind oktober. Deze bevinding komt overeen met vermeldingen in de (internationale) literatuur dat de stikstofverliezen naar het grondwater uit de gewasresten van suikerbieten relatief klein zijn en dat afvoeren van gewasresten maar een gering effect heeft op de stikstofuitspoeling.

Laat oogsten van de bieten lijkt meer bij te dragen aan vermindering van de nitraatuitspoeling. Bij eind oktober oogsten was het berekende stikstofverlies gemiddeld 38 kg N/ha lager dan bij half september oogsten (37 kg N/ha in 2005 en 39 kg N/ha in 2006).

Om meer inzicht te verkrijgen in welke maatregel het meest effectief is, is een voortgezet en diepgaander onderzoek naar de stikstofhuishouding in de bodem tijdens de teelt en na de oogst van de bieten gewenst.

In de teeltcombinatie doperwt-winterprei profiteerde de prei in beide proefjaren nauwelijks van de stikstof in de achtergebleven gewasresten van de doperwten. De stikstofwerking uit de erwtenresten was veel lager dan op basis van de hoge stikstofinhoud van deze gewasresten werd verondersteld. De oorzaak hiervan is niet geheel duidelijk. Mogelijkheden traden sterke vervluchtigingsverliezen van stikstof op en/of vastlegging door het bodemleven.

Vooralsnog lijkt het op basis van dit tweejarig onderzoek verstandig om voor de N-werking uit de gewasresten van doperwt geen tot een beperkte N-korting (≤ 30 kg N/ha) in mindering te brengen op de bemesting van het volggewas.

Ook bij doperwten is de vraag of afvoer van gewasresten veel op zal leveren als het gaat om verminderen van de nitraatuitspoeling. Dit vraagt om nader onderzoek.

Bij broccoli leken andere stikstofprocessen in de bodem een belangrijker effect op de nitraatuitspoeling te hebben dan de mineralisatie uit gewasresten. De proefresultaten duiden erop dat tijdens de teelt een deel van de toegediende stikstof microbieel is vastgelegd in het bodemleven en dat die stikstof in de herfst weer vrijkwam en vervolgens uitspoelde.

Vastlegging van stikstof in de bodem en op een later tijdstip weer vrijkomen ervan, kan ook in andere teelten (zijn) opgetreden. Het zijn processen in de bodem die niet of nauwelijk zijn te voorspellen maar die wel tot meer of minder uitspoeling kunnen leiden, afhankelijk van wanneer de stikstof vrijkomt (voor of na de winter). Een N_{min}-meting is in deze slechts een momentopname die enkel aangeeft hoeveel minerale stikstof zich op dat moment in de bodem bevindt, maar die niets zegt over de minerale stikstof die er daarna nog bij kan komen. Echter ook het berekend N-overschot geeft geen informatie over welk deel van dat overschot in minerale vorm aanwezig is en beschikbaar is voor uitspoeling en wel deel is gebonden in gewasresten, ander organisch materiaal of in het bodemleven. De hantering van het N-overschot volgens de WOG-benadering is bedoeld om het effect op lange termijn in een evenwichtssituatie te voorspellen. In individuele gevallen kan het afwijken van de werkelijkheid.

1 Inleiding

Per 1 januari 2006 zijn stikstofgebruiksnormen ingevoerd voor de bemesting van alle gewassen op alle grondsoorten. Op zand- en lössgrond worden, vanwege de hogere uitspoelingsgevoeligheid, strengere stikstofgebruiksnormen gehanteerd dan op klei- en veengrond. In 2006 wordt voor alle gewassen op zand- en lössgrond nog uitgegaan van 100% van de vastgestelde gebruiksnormen. In 2007 is dit voor de milieukritische gewassen verlaagd naar 95%. Na 2007 wordt de norm waar nodig nog verder verlaagd om op gebiedsniveau aan de milieudoelstellingen te kunnen voldoen.

Voor de verdere beleidsontwikkeling moet nog een aantal vragen worden beantwoord:

- LNV: welke (daling van) nitraatconcentratie kan in de milieukritische teelten op de zandgronden gerealiseerd worden door aangescherpte normen?

- Teler: welke opbrengstdaling kan ik verwachten bij gebruiksnormen lager dan de adviesbemesting?

Bij gewassen die veel stikstof op het veld achterlaten in de gewasresten, kan de gebruiksnorm zomogelijk worden verruimd indien de gewasresten worden afgevoerd van het veld en bedrijf, waardoor N-verlies uit de gewasresten naar het grondwater wordt voorkomen. Vraag is hoe sterk de nitraatuitspoeling wordt verminderd als de gewasresten worden afgevoerd.

Om de bovengestelde vragen te kunnen beantwoorden, wordt in de praktijk informatie hieromtrent verzameld via onderzoek. Dit onderzoek valt onder het project Telers Mineraal Paraat (TMP) en wordt uitgevoerd op praktijkbedrijven alsook op de PPO-proefboerderij Vredepeel (nabij Venray).

Te Vredepeel is het onderzoek in de jaren 2005-2006 en 2006-2007 uitgevoerd op de proefpercelen van het project Nutriënten Waterproof (NWP). In NWP worden op semi-praktijkschaal verschillende bedrijfssystemen met elkaar vergeleken m.b.t. nutriëntenbeheer en milieuconsequenties. Naast de bemestingsobjecten van NWP zelf, is er ruimte voor deelonderzoek vanuit andere projecten. Het deelonderzoek van TMP sluit goed aan bij doelstelling van NWP om de emissie van nutriënten naar het milieu zoveel mogelijk te beperken.

Het onderzoek aan de verlaagde gebruiksnormen te Vredepeel is in 2005-2006 uitgevoerd in aardappel, snijmaïs, prei en een dubbelteelt broccoli en in 2006-2007 in aardappel, snijmaïs, prei en suikerbiet.

Daarnaast in in beide jaren in suikerbieten het effect op de nitraatuitspoeling onderzocht van afvoer van gewasresten van het veld. In de prei is verder nog aanvullend onderzoek gedaan aan de mineralisatie uit het loof van de voorvrucht erwten.

De resultaten van het eerste jaar (2005-2006) zijn beschreven in Van Geel & Smit (2006). In het onderhavige rapport zijn de resultaten van beide jaren beschreven. Het effect van de verlaagde N-gift in 2005 op de reductie van de nitraatuitspoeling bij berekening volgens het mest-abc is herzien ten opzichte van het verslag van 2006, aangezien het mest-abc in de tussentijd is geactualiseerd.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op het onderzoek aan de verlaagde gebruiksnormen. De opzet en uitvoering en de resultaten worden per gewas besproken. Daarna volgt een discussie. Hoofdstuk 3 gaat in op het afvoeren van de gewasresten bij suikerbieten en op de mineralisatie uit het erwtenloof. In hoofdstuk 4 zijn de conclusies opgesomd.

2 Effect van verlaagde N-gebruiksnormen

Om na te gaan wat het effect is van een verlaagde gebruiksnorm op de opbrengst en kwaliteit van het gewas en op de verlaging van het nitraatgehalte in het grondwater, zijn in aardappelen, maïs en prei twee N-giften aangebracht:

- een N-gift volgens de stikstofgebruiksnorm voor het betreffende gewas;
- een verlaagde N-gift à 70-75% van de gebruiksnorm met een minimaal verschil van 45 kg N/ha.

In broccoli is hiervan afgeweken, omdat de beschikbare proefveldruimte te beperkt was om twee extra N-objecten aan te leggen. Daarom is hier de N-gift van NWP als de verlaagde norm gehanteerd.

In suikerbiet zijn drie N-niveaus aangebracht:

- een N-gift volgens de landelijke N-bemestingsrichtlijn voor suikerbiet (Van Dijk, 2003);
- een N-gift volgens de gebruiksnorm;
- een verlaagde N-gift à 80% van de gebruiksnorm.

In 2005 is in NWP ook een vergelijking uitgevoerd in suikerbiet tussen een N-gift van 188 kg N/ha (volgens de landelijke N-richtlijn) en een gift van 145 kg N/ha (bijna even hoog als de gebruiksnorm). De resultaten hiervan zijn ook in dit verslag opgenomen.

Door de uitvoering binnen NWP moest soms ook worden aangesloten bij de opzet, het bemestingsplan of andere teeltmaatregelen van NWP, o.a. met betrekking tot het gebruik van organische mest. In geval van gebruik van organische mest is de stikstofwerking berekend met behulp van het mineralisatiemodel Minip (Janssen, 1996) op basis van de gemeten samenstelling van de mest.

De vergelijking is in de meeste gevallen aangelegd in naast elkaar gelegen stroken, in enkelvoud. Het is daardoor niet mogelijk om aan te geven in hoeverre gevonden verschillen statistisch betrouwbaar zijn. Waar dat wel mogelijk was, is het aangegeven.

De beschikbare proefpercelen waren te smal (zie bijlagen 1 en 6) om het effect van de verlaagde gebruiksnorm op het nitraatgehalte in het grondwater betrouwbaar te kunnen meten. Het effect van de verlaagde gebruiksnorm -gift op de reductie in nitraatuitspoeling is daarom berekend. Er is gekozen voor drie verschillende benaderingen:

1. Op basis van het verschil in N-gift en het verschil in N-afvoer is berekend hoe groot het extra N-overschot is bij de hogere N-gift. Vervolgens is berekend wat dit voor effect heeft op het nitraatgehalte in het grondwater, volgens de rekenmethode die de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (WOG) heeft gehanteerd (Schröder et al., 2004). Dit is een benadering voor het effect op lange termijn in een evenwichtssituatie. De vertaling van N-overschot naar nitraatgehalte in het grondwater, middels het mest-abc, is toegelicht in bijlage 12.
2. Op basis van het verschil in N_{min} najaar is het verschil in nitraatgehalte van het grondwater berekend met behulp van de in het project Sturen op Nitraat gevonden relatie tussen deze twee parameters (Hack-ten Broeke, 2004). Gebruik is gemaakt van het meest eenvoudige regressiemodel (Model 1) tussen nitraat grondwater (mg/l) en N_{min} najaar in de laag 0-90 cm (kg N/ha) op pagina 54 van dit rapport. Dit model leverde een regressiecoëfficiënt op van 0,69 (iedere kg N_{min} minder in het najaar geeft een verlaging van 0,69 mg nitraat per liter). De regressiecoëfficiënt bleek onafhankelijk van de grondwatertrap te zijn.
3. Door periodieke meting van de N_{min} in de bodemlaag 0-90 cm vanaf de oogst van het gewas tot einde winter is het verschil tussen de beide N-niveaus bepaald voor wat betreft de hoeveelheid stikstof die in de winterperiode uit de laag 0-90 cm is verdwenen. Gemakshalve is ervan uitgegaan dat alle verdwenen stikstof is uitgespoeld naar het grondwater. In werkelijkheid spoelt op de betreffende locatie een deel uit naar het oppervlaktewater via de drainbuizen en denitrificeert een gering deel (0-5%). Door het verschil in verdwenen hoeveelheid stikstof te delen door het neerslagoverschot in de winterperiode is het effect op het nitraatgehalte in het (ondiepe) grondwater geschat. Het neerslag-overschot is berekend met de actuele neerslagcijfers van proefboerderij Vredepeel en de gemiddelde

referentiegewasverdamping van de nabijgelegen KNMI-weerstations te Volkel en Arcen. De actuele verdamping in de winterperiode is bepaald door de referentiegewasverdamping met de factor 0,6 te vermenigvuldigen (Van der Sluijs, 1992).

Bij de bepaling van het stikstofverlies in de winter moet ook rekening worden gehouden met de stikstofaanvoer uit mineralisatie en depositie tussen het moment van Nmin-meting vóór de winter en na de winter. De aanvoer via depositie is bij beide objecten gelijk. Ook de aanvoer door mineralisatie uit de bodemorganischestof mag als gelijk worden verondersteld.

Theoretisch kan er een verschil zijn in mineralisatie uit gewasresten: het verschil in N-gift kan leiden tot een verschil in N-inhoud van de achtergebleven gewasresten en vervolgens tot een verschil in N-mineralisatie hieruit. De hoeveelheid stikstof die op het veld achterblijft in de gewasresten is bij aardappel echter klein, als het loof volledig is afgestorven. Bij snijmaïs blijft ook een geringe hoeveelheid achter. De prei is pas in januari-februari geoogst. De preiplanten zijn in zijn geheel van het veld afgevoerd. De bladresten die overblijven na schonen van de prei en veilingklaar maken, zijn niet teruggebracht op het veld. Bij deze drie gewassen is daarom verondersteld dat er geen verschil was in mineralisatie in de winterperiode tussen de N-bemestingsobjecten. Verder is aangenomen dat het verliespercentage door afspoeling en denitrificatie ook niet verschilde tussen de beide objecten.

Bij suikerbieten is rekening gehouden met een verschil in stikstofmineralisatie uit de gewasresten in de winterperiode. Daartoe is per object de stikstofmineralisatie geschat met behulp van het mineralisatiemodel Minip (Janssen, 1996).

2.1 Consumptie-aardappelen

2.1.1 Opzet- en uitvoering

Objecten:

A. N-gift volgens de gebruiksnorm 2006:	265 kg N per ha	(100% GN)
B. N-gift à 75% van deze gebruiksnorm:	200 kg N per ha	(75% GN)

In 2005 zijn de objecten A en B als extra plots aangelegd op de percelen 27.1b, 27.2a en 27.2b van Nutriënten Waterproof (zie bijlage 1). Op perceel 27.1a kon slechts één extra plot worden aangelegd (object B). De plots waren 10 m lang en 6 m breed.

De N-giften zijn gedeeld (zie hieronder). Ingevolge de bemesting van NWP werd de basisgift op perceel 27.1 in de vorm van organische mest gegeven en op perceel 27.1 als kunstmest (KAS). De bijbemestingen vonden op beide percelen met KAS plaats.

Voor de N-werking van de varkensdrijfmest is in NWP gerekend met 80% op basis van de gemeten samenstelling van de mest. Dat is dus hoger dan de wettelijk vastgestelde forfaitaire N-werking van 60%.

Stikstofbemesting in 2006 op perceel 27.1:

- vóór poten: beide objecten: 145 kg N-werkzaam uit varkensdrijfmest (waarvan naar schatting ca. 10 kg N/ha na knolzetting vrijkwam)
- bij ruggen aanaarden: object A: 40 kg N/ha bijstrooien
object B: geen bijbemesting
- bij knolzetting: object A: 80 kg N/ha bijstrooien
object B: 55 kg N/ha bijstrooien

Stikstofbemesting in 2005 op perceel 27.2:

- kort na poten: beide objecten: 60 kg N/ha
- bij ruggen aanaarden: object A: 115 kg N/ha bijstrooien
object B: 75 kg N/ha bijstrooien
- bij knolzetting: object A: 90 kg N/ha bijstrooien
object B: 65 kg N/ha bijstrooien

In 2006 zijn de objecten aangelegd op perceel 16.2b van Nutriënten Waterproof (zie bijlage 2). Het perceel is hiertoe in twee helften gedeeld, waarbij de objecten naast elkaar kwamen te liggen in stroken van 9 m breed over de gehele perceelslengte.

De N-bemesting vond geheel plaats met kunstmest (KAS). De N-giften zijn gedeeld:

- bij poten: hele perceel 70 kg N/ha
- direct vóór de rugopbouw: object A: 105 kg N/ha
object B: 65 kg N/ha
- bij knolzetting: object A: 90 kg N/ha
object B: 65 kg N/ha

In de bijlagen 2 en 3 is een overzicht opgenomen van de uitvoering van de teelt in respectievelijk 2005 en 2006. Bij de oogst is in 2005 per plot een oppervlakte van 24 m² handmatig geroid. In 2006 is per object op vier plaatsen in elke strook 3 m² handmatig geroid. Van de geogoste oppervlakte is de knolopbrengst bepaald, de maatsortering van de knollen, het onderwatergewicht (owg), het drogestofgehalte en het N-gehalte in de knollen (door Blgg). Het aardappelloof was in beide jaren bij de oogst afgestorven.

Voor de financiële opbrengst zijn de knolopbrengst, de sortering en het owg van belang. Bij een hoger owg, krijgt men per kg meer uitbetaald. Knollen <30 mm hebben geen of een lage marktwaarde.

In 2005 is direct na de oogst, op 8 november, 14 december en op 7 maart de Nmin-voorraad in de bodemlagen 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm gemeten. In 2006 was dat op 6 november, 18 december en 27 februari. Doordat in 2006 de aardappelen laat het veld hadden geruimd (zie bijlage 4), is geen Nmin-meting na oogst uitgevoerd. De Nmin-meting van begin november was een paar weken daarna.

In 2005 is op 24 oktober triticale gezaaid op het perceel en in 2006 op 30 oktober. Deze heeft in beide jaren naar schatting voor de winter ≤20 kg N/ha opgenomen.

2.1.2 Resultaten

De verlaagde N-bemesting gaf in 2005 gemiddeld 7% derving aan totale knolopbrengst (tabel 1), maar in 2006 daarentegen een verhoging van 6% (tabel 2). Gemiddeld over de beide jaren bedroeg de opbrengstderving 1%. Qua maatsortering was er in beide jaren geen duidelijk verschil tussen de beide N-giften. Opmerkelijk was in 2006 dat het loof bij 75% GN zich minder fors ontwikkelde en de grondbedekking lager was dan bij 100% GN, maar de knolopbrengst uiteindelijk hoger.

In 2005 was er gemiddeld over beide percelen geen verschil in onderwatergewicht (owg). Enkel was het owg op perceel 27.1 wat lager dan op perceel 27.2. In 2006 verschilde het owg nauwelijks tussen 100% GN en 75% GN (1% verschil).

In beide jaren was de knolopbrengst aan de lage kant. Op praktijkpercelen van proefbedrijf Vredepeel bedroeg de knolopbrengst gemiddeld 56 ton per ha in 2005 en 57 ton per ha in 2006 (>30 mm, excl. tarra). De indruk is dat de lagere opbrengst een gevolg is van andere groeifactoren op de betreffende NWP-percelen dan de stikstofvoorziening. Verder was in 2006 de zomer heet en droog en moest frequent worden beregend. De indruk is ook dat het gewas onder deze omstandigheden niet optimaal groeide en dit eerder beperkend was voor de opbrengst dan de stikstofvoorziening. Onder gunstigere groeiomstandigheden was de knolopbrengst bij 100% GN wellicht hoger geweest.

Ook was in 2006 het onderwatergewicht aan de lage kant. In NWP wordt gestreefd naar tenminste 425 gram. Op de praktijkpercelen van proefbedrijf Vredepeel zat het boven deze streefwaarde.

Tabel 1. **Opbrengst, sortering, onderwatergewicht (owg) en N-opname in de knollen in 2005**

Perceel	Totale N-gift (kg N/ha)	Knolopbrengst (ton/ha, excl. tarra)		Sortering (gewichts%)			OWG (g)	N-afvoer knollen (kg N/ha)
		totaal	>30 mm	<30 mm	30-50 mm	>50 mm		
27.1	265	49,1	47,3	4%	67%	29%	427	198
27.1	200	47,2	45,2	4%	65%	31%	429	154
27.2	265	48,9	46,5	5%	66%	29%	435	203
27.2	200	43,8	41,5	5%	68%	27%	433	167

Tabel 2. **Opbrengst, sortering, onderwatergewicht (owg) en N-opname in de knollen in 2006**

Totale N-gift (kg N/ha)	Knolopbrengst (ton/ha, excl. tarra)		Sortering (gewichts%)			OWG (g)	N-afvoer knollen (kg N/ha)
	totaal	>30 mm	<30 mm	30-50 mm	>50 mm		
265	48,1	46,2	4%	71%	25%	409	190
200	50,9	48,9	4%	72%	24%	415	183

De N-afvoer van het veld via de geogste knollen was in 2005 bij 75% GN gemiddeld 40 kg N/ha lager dan bij 100% GN. Het N-overschot was daardoor bij 75% GN slechts $65 - 40 = 25$ kg N/ha lager dan bij 100% GN. Dit zou volgens de WOG-benadering overeenkomen met een verlaging van het nitraatgehalte in het grondwater van 23 mg NO₃ per l (zie bijlage 12).

In 2006 was de N-afvoer van het veld bij 100% GN, ondanks de lagere knolopbrengst, toch iets hoger dan bij 75% GN door een hogere N-gehalte in de knollen. Het N-overschot was bij 75% GN $65 - 7 = 58$ kg N/ha lager dan bij 100% GN, wat volgens de WOG-benadering overeen zou komen met een verlaging van het nitraatgehalte in het grondwater van 54 mg NO₃ per l.

In 2005 verschilde de Nmin-voorraad na oogst in de bodemlaag 0-90 cm (gemeten op 5 oktober) slechts 11 kg N/ha tussen de beide objecten (figuur 1). Het verschil trad op in de laag 0-60 cm. In de laag 60-90 cm was de Nmin-voorraad gelijk.

De stikstofopname van aardappel stopt omstreeks 1 augustus. Tussen 1 augustus en 5 oktober zal geen stikstof zijn uitgespoeld, omdat de verdamping groter was dan de neerslaghoeveelheid (zie bijlage 13). Extreme neerslaghoeveelheden in korte tijd, die tot uitspoeling kunnen leiden, kwamen in deze periode niet voor.

Tussen 5 oktober en 8 november veranderde de Nmin-voorraad niet wezenlijk. Het neerslagoverschot was klein (bijlage 13). Aangezien er in de tussenliggende periode een kleine hoeveelheid stikstof moet zijn aangevoerd door mineralisatie en depositie (naar schatting 10-15 kg N/ha), lijkt het erop dat er ook eenzelfde kleine hoeveelheid is verdwenen.

Het verschil in Nmin 0-90 cm tussen de beide objecten op 8 november bedroeg 14 kg N/ha. Volgens de regressiebenadering van Sturen op Nitraat zou dat een verlaging van het nitraatgehalte in het grondwater betekenen bij 75% GN van 10 mg NO₃ per l.

Tussen 8 november en 14 december nam de Nmin-voorraad in de laag 0-30 cm sterk af en die in de lagen 30-60 cm en met name 60-90 cm toe, wat duidt op neerwaartse verplaatsing van stikstof. Er was in die periode een neerslagoverschot (bijlage 13). Tussen 14 december en 7 maart nam de Nmin-voorraad in de lagen 30-60 cm en 60-90 sterk af, wat duidt op uitspoeling tot beneden 90 cm. Het neerslagoverschot in deze periode was groot (bijlage 13).

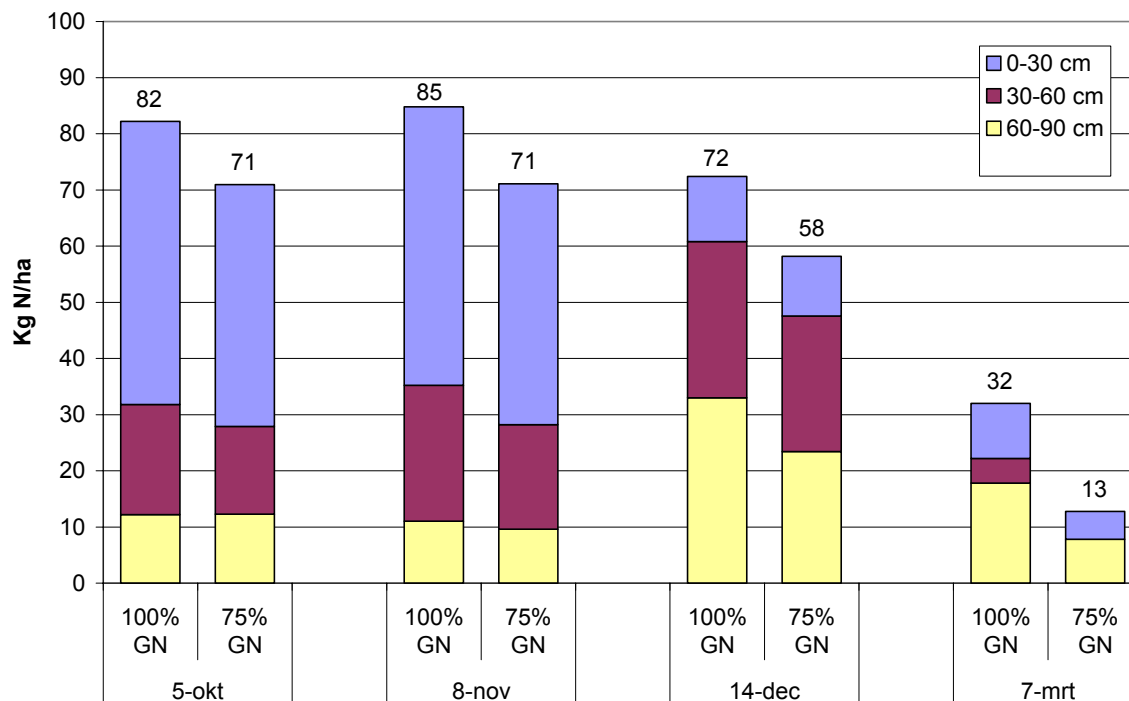
Tussen 8 november en 7 maart nam de Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm met 53 kg N/ha af bij 100% GN en met 58 kg N/ha bij 75% GN. De afname was dus bij beide objecten min of meer gelijk, hetgeen erin resulteerde dat na de winter de Nmin-voorraad bij 100% GN nog steeds hoger was dan bij 75% GN.

Wanneer verder wordt aangenomen dat alle overige aan- en afvoerposten van stikstof bij beide objecten gelijk waren, zou tussen 8 november en 7 maart het stikstofverlies naar het grondwater bij 75% GN niet lager zijn geweest dan bij 100% GN.

Wel was op 7 maart de Nmin-voorraad in de laag 60-90 cm bij 100% GN 10 kg N/ha hoger dan bij 75% GN. De stikstof in de laag 60-90 cm bevindt zich buiten het bereik van de plantenwortels en moet als verloren worden beschouwd. Deze stikstof spoelt bij een flinke hoeveelheid neerslag in het voorjaar alsnog uit. Beneden de 50 cm vindt op de zandgrond van proefboerderij Vredepeel niet of nauwelijks beworteling plaats (Smit et al., 2005). Als er bij 100% GN nog 10 kg N extra uitspoelt in het voorjaar, komt de totale uitspoeling iets hoger uit (5 kg N/ha) dan bij 75% GN.

Op de betreffende percelen (27.1 en 27.2) is verder in 2005 een proef uitgevoerd waarin is gekeken naar de effecten van plaatsspecifieke bemesting in aardappelen. De percelen zijn daartoe verdeeld in kleinere veldjes die verschillend met stikstof zijn bemest. Op de percelen 27.1a en 27.2a is in de winterperiode ook frequent het nitraatgehalte in het ondiepe grondwater gemeten t.b.v. Nutriënten Waterproof. Gemiddeld genomen is er 277 kg werkzame N/ha bemest op perceel 27.1a en 247 kg N/ha op perceel 27.2a. In de maanden januari t/m maart bedroeg het nitraatgehalte in het grondwater gemiddeld 147 mg NO₃/l op perceel 27.1a en 107 mg NO₃/l op perceel 27.2a. Het N-bemestingsniveau van de gebruiksnorm ligt hier

tussenin en het nitraatgehalte zou dan ruim boven de 100 mg NO₃/l uitkomen. De verlaagde gebruiksnorm zou geen of een geringe verlaging geven (afhankelijk van de berekeningswijze van het nitraatgehalte) c.q. resulteren in een nitraatgehalte dat nog steeds ver boven de norm van 50 mg NO₃/l ligt.



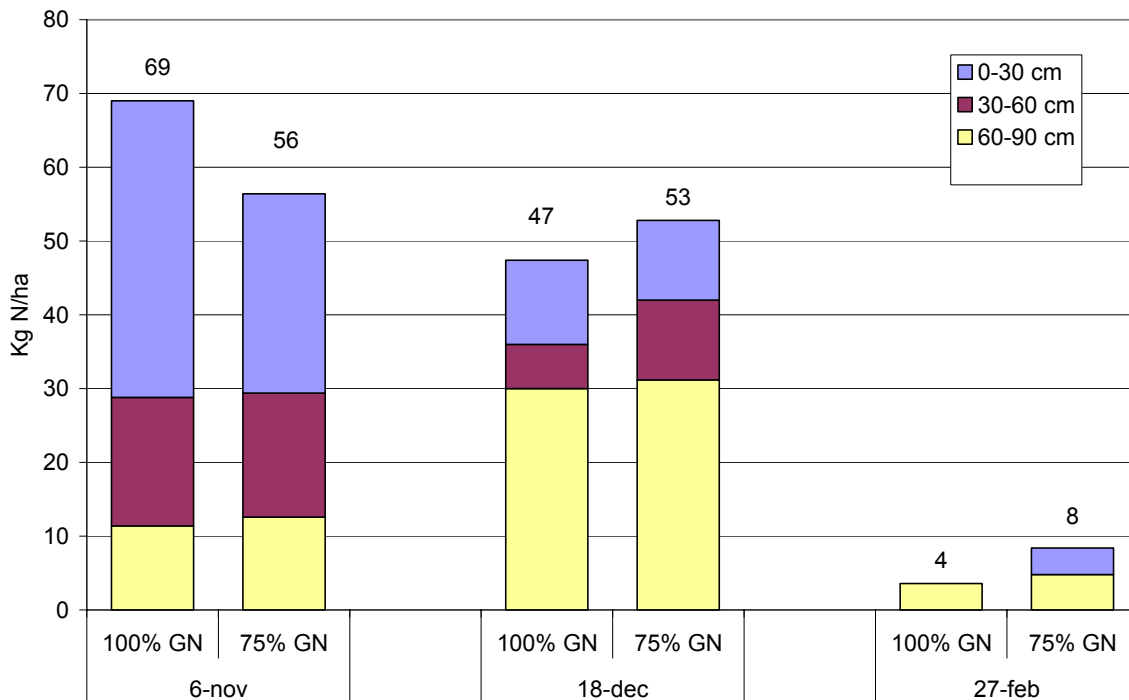
Figuur 1. **Nmin-verloop in 2005-2006 in de laag 0-90 cm bij bemesting volgens 100% en 75% van de gebruiksnorm 2006 voor consumptie-aardappelen (100% GN en 75% GN: resp. 100% en 75% van de gebruiksnorm).** De cijfers bovenop de staven geven de totale Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm aan.

In 2006 verschilde de Nmin-voorraad na oogst in de bodemlaag 0-90 cm (gemeten op 6 november) slechts 13 kg N/ha tussen de beide objecten (figuur 2), terwijl het verschil in N-overschot 58 kg N/ha bedroeg. Het verschil trad op in de laag 0-30 cm. Opmerkelijk is dat er in de lagen 30-60 en 60-90 cm zo goed als geen verschil was, ondanks een neerslagoverschot tussen 1 augustus en 6 november van 116 mm (zie bijlage 13). Het neerslagoverschot was het grootst in de maand augustus, die zeer nat was. September was droog en oktober was niet bijzonder nat. Het is niet duidelijk waar de resterende 45 kg N/ha van het verschil in N-overschot is gebleven: in de gewasresten en/of vastgelegd door het bodemleven of toch uitgespoeld tot beneden de 90 cm –mv en/of gedenitrificeerd?

Het verschil in Nmin 0-90 cm tussen de beide objecten op 6 november zou volgens de gevonden relatie in Sturen op Nitraat een verlaging van het nitraatgehalte in het grondwater betekenen bij 75% GN van 9 mg NO₃ per l.

Tussen 6 november en 18 december nam de Nmin-voorraad in de lagen 0-30 en 30-60 cm sterk af en die in de laag 60-90 cm sterk toe, wat duidt op neerwaartse verplaatsing van stikstof. Er was in die periode een flink neerslagoverschot (bijlage 13). Ook tussen 18 december en 27 februari was het neerslagoverschot groot en spoelde bijna alle resterende stikstof in de laag 0-90 cm uit.

Tussen 6 november en 27 februari nam de Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm met 65 kg N/ha af bij object 100% GN en met 48 kg N/ha bij 75% GN. Wanneer verder wordt aangenomen dat alle overige aan- en afvoerposten van stikstof bij beide objecten gelijk waren in deze periode (hoewel dit mogelijk niet correct is), zou tussen 6 november en 27 februari het stikstofverlies naar het grondwater bij 75% GN 17 kg N/ha lager zijn geweest dan bij 100% GN. Het neerslagoverschot bedroeg 317 mm (bijlage 13). Een uitspoelingsreductie van 17 kg N/ha (75 kg NO₃/ha) komt dan overeen met een 24 mg NO₃/l lager nitraatgehalte in het (ondiepe) grondwater.



Figuur 2. **Nmin-verloop in 2006-2007 in de laag 0-90 cm bij bemesting volgens 100% en 75% van de gebruiksnorm 2006 voor consumptie-aardappelen (100% GN en 75% GN: resp. 100% en 75% van de gebruiksnorm).** De cijfers bovenop de staven geven de totale Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm aan.

Op de naastgelegen perceelsstrook 16.2a (zie bijlage 2) is ingevolge de bemestingsstrategie van NWP 261 kg N/ha bemest (vrijwel gelijk aan 100% GN). In de winterperiode werd hier een gemiddeld nitraatgehalte in het grondwater gemeten van 122 mg NO₃/l. Uitgaande van dit gehalte zou de verlaagde gebruiksnorm bij geen van de drie berekeningsmethoden tot een nitraatgehalte leiden dat onder de norm van 50 mg NO₃/l komt, hoewel het volgens de WOG-benadering wel in de buurt zou komen (122 – 57 = 65 mg NO₃/l).

De resultaten van de beide jaren in aardappel zijn samengevat in tabel 15 in paragraaf 2.6.

2.2 Snijmaïs

2.2.1 Opzet en uitvoering

Bij maïs wordt onderscheid gemaakt in een gebruiksnorm voor de bedrijven met en zonder derogatie: respectievelijk 160 en 185 kg N/ha voor 2006. Als object 100% van de gebruiksnorm is een N-gift gekozen die hier tussenin ligt. De aangelegde objecten waren:

- N-gift volgens de gebruiksnorm: 175 kg N per ha (100% GN)
- N-gift à 70% van deze gebruiksnorm: 120 kg N per ha (70% GN)

De objecten zijn in 2005 aangelegd op perceel 28.1b van Nutriënten Waterproof (zie bijlage 1) en in 2006 op perceel 26.2b (zie bijlage 2). Het perceel is hiertoe in twee helften gedeeld, waarbij de objecten naast elkaar kwamen te liggen in stroken van 9 m breed over de gehele perceelslengte.

In 2005 is bij beide objecten 40 ton runderdrijfmest aangebracht à 83 kg werkzame N per ha. Er is gerekend met 60% N-werking, op basis van de gemeten samenstelling van de mest. Dit is tevens gelijk aan de wettelijk vastgestelde forfaitaire N-werkingscoëfficiënt. Verder is bij beide objecten 37 kg N/ha als rijenbemesting toegediend bij zaai (met KAS). Bij het object 100% GN is aanvullend 55 kg N/ha als KAS volvelds gestrooid om het verschil met 70% GN te creëren.

In 2006 is geheel met KAS bemest. Bij beide objecten is 27 kg N/ha als rijenbemesting gegeven bij zaai. De rest is vovvelds gestrooid.

Op het naastgelegen perceel 28.2 in 2005 dan wel 26.2a in 2006 is als bemestingsobject van NWP enkel 120 kg N/ha als rijenbemesting bij zaai toegediend (met KAS). De resultaten van dit object (70% GN rij) zijn ter vergelijking in dit verslag opgenomen.

In de bijlagen 5 en 6 is een overzicht opgenomen van de uitvoering van de teelt in respectievelijk 2005 en 2006.

Bij de oogst is per object op vier plaatsen per strook een oppervlakte van 6 m² handmatig geoogst. Hiervan is de opbrengst bepaald en het drogestof- en N-gehalte (door Blgg, in mengmonsters per object). Bij snijmais is de drogestofopbrengst van belang en het drogestofgehalte in het product. Het gewenste d.s.-gehalte bedraagt 28-35% (Van Dijk, 1993). In NWP wordt gestreefd naar >31% droge stof.

In 2005 is direct na de oogst (5 oktober), op 8 november, 14 december en op 7 maart de Nmin-voorraad in de bodemlagen 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm gemeten. In 2006 betroffen deze data 18 september, 6 november, 18 december en 27 februari.

Na de maisoogst is in beide jaren op het gehele perceel een graangroenbemester ingezaaid. Deze ontwikkelde zich in 2005 matig en nam voor de winter naar schatting $\leq 15-20$ kg N/ha op. In 2006 was de ontwikkeling iets beter en heeft de groenbemester naar schatting 30-35 kg N/ha opgenomen. De schattingen zijn gemaakt op basis van gewaslengte.

2.2.2 Resultaten

In 2005 was de opbrengst bij 70% GN 3% lager dan bij 100% GN (tabel 3) en in 2006 19% lager (tabel 4). Daarentegen gaf 120 kg N/ha (70% GN) als rijenbemesting in beide jaren een even hoge opbrengst als 100% GN. Het drogestofgehalte was bij 70% GN in de rij wat lager dan bij 100% en 70% GN. In 2005 was bij 100% GN aan de hoge kant.

Tabel 3. **Drogestofopbrengst, drogestofgehalte en N-opname in het geoogst product van snijmais in 2005**

Object	Totale N-gift (kg N/ha)	Drogestof-opbrengst (ton/ha)	Drogestof-gehalte	N-opname product (kg N/ha)
100% GN	175	15,4	36,9%	199
70% GN	120	14,9	35,9%	161
70% GN rij	120	15,5	34,1%	169

Tabel 4. **Drogestofopbrengst, drogestofgehalte en N-opname in het geoogst product van snijmais in 2006**

Object	Totale N-gift (kg N/ha)	Drogestof-opbrengst (ton/ha)	Drogestof-gehalte	N-opname product (kg N/ha)
100% GN	175	12,9	33,8%	164
70% GN	120	10,5	35,6%	113
70% GN rij	120	12,9	30,8%	157

De N-opname in het geoogst product c.q. afvoer van het veld was in 2005 bij 70% GN 38 kg N/ha lager dan bij 100% GN. Het N-overschot was daardoor bij 70% GN slechts $55 - 38 = 17$ kg N/ha lager dan bij 100% GN. Dit komt volgens de WOG-benadering overeen met een verlaging van het nitraatgehalte in het grondwater van 16 mg NO₃ per l (zie bijlage 12). Bij 70% GN in de rij was het N-overschot 25 kg N/ha lager dan bij 100% GN, wat overeenkomt met een reductie van het nitraatgehalte met 23 mg NO₃ per l.

In 2006 was de N-opname bij 70% GN 51 kg N/ha lager dan bij 100% GN en het N-overschot slechts 4 kg N/ha lager, wat volgens de WOG-benadering overeenkomt met een reductie van het nitraatgehalte in het grondwater van 4 mg NO₃ per l. Bij 70% GN in de rij was het N-overschot 48 kg N/ha lager dan bij 100% GN, wat overeenkomt met een reductie van 45 mg NO₃ per l.

De Nmin-voorraad na oogst in de bodemlaag 0-90 cm was in 2005 (gemeten op 29 september) bij 70% GN 14 kg N/ha lager dan bij 100% GN, waarvan 9 kg N/ha in de laag 0-30 cm (figuur 3). De N-opname van

maïs stop omstreeks 1 augustus. Tussen 1 augustus en 29 september zal geen stikstof zijn uitgespoeld, omdat de verdamping groter was dan de neerslaghoeveelheid (zie bijlage 13). Extreme neerslaghoeveelheden in korte tijd, die tot uitspoeling kunnen leiden, kwamen in deze periode niet voor.

Tussen 29 september en 8 november nam de Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm bij beide objecten met 9 kg N/ha toe. Daarbij bleef de Nmin-voorraad in de laag 0-30 cm vrijwel gelijk en nam de voorraad in de laag 30-60 cm toe. Er was in die periode sprake van een kleine neerslagoverschot (bijlage 13).

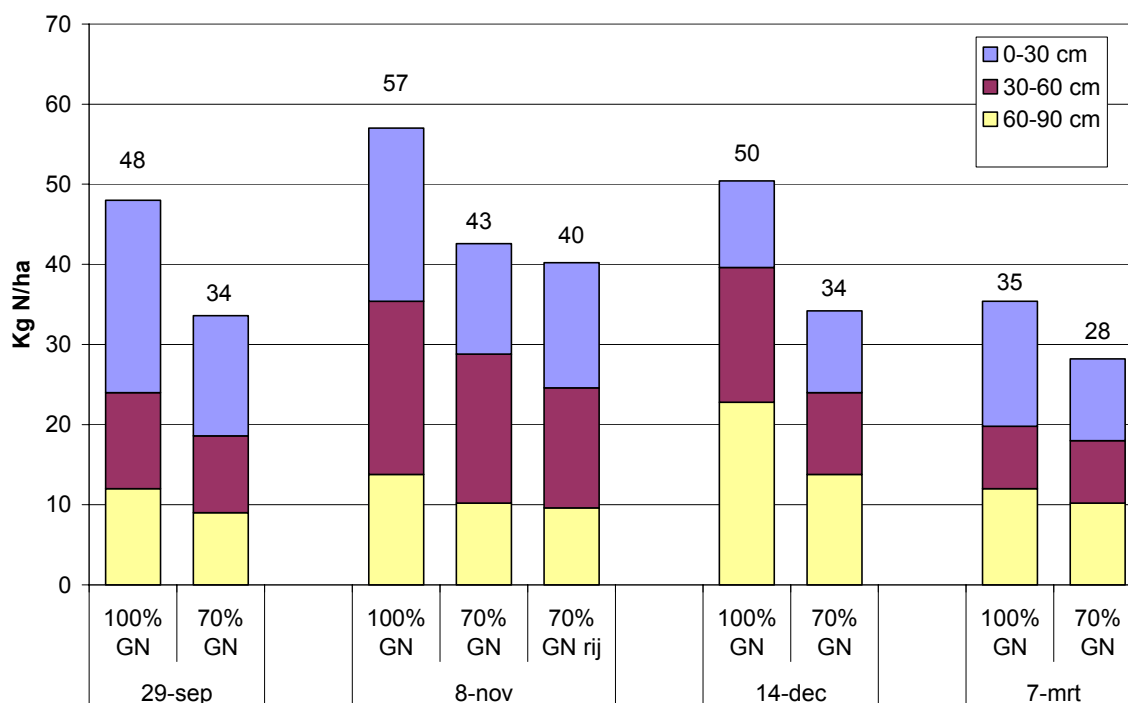
Waarschijnlijk verplaatste er zich tussen 29 september en 8 november stikstof uit de laag 0-30 cm naar de ondergrond, maar werd de voorraad in de laag 0-30 cm aangevuld door mineralisatie.

Het verschil in Nmin 0-90 cm tussen de beide objecten op 8 november bedroeg 14 kg N/ha. Volgens de regressiebenadering van Sturen op Nitraat zou dat een verlaging van het nitraatgehalte in het grondwater inhouden bij 70% GN van 10 mg NO₃/l.

Tussen 8 november en 14 december nam de Nmin-voorraad in de lagen 0-60 cm af en die in de laag 60-90 cm toe, wat duidt op neerwaartse verplaatsing van stikstof. Tussen 14 december en 7 maart nam de Nmin-voorraad in de laag 30-90 cm af.

Tussen 8 november en 7 maart nam de Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm met 22 kg N/ha af bij het object 100% GN en met 14 kg N/ha bij 70% GN. Wanneer verder wordt aangenomen dat alle overige aan- en afvoerposten van stikstof bij beide objecten gelijk waren, zou tussen 8 november en 7 maart het verschil in stikstofverlies naar het grondwater bij 70% GN 8 kg N/ha lager zijn geweest dan bij 100% GN. Het neerslagoverschot in die periode bedroeg 164 mm (bijlage 13). Een uitspoelingsreductie van 8 kg N/ha (35 kg NO₃/ha) komt dan overeen met een 22 mg NO₃/l lager nitraatgehalte in het (ondiepe) grondwater.

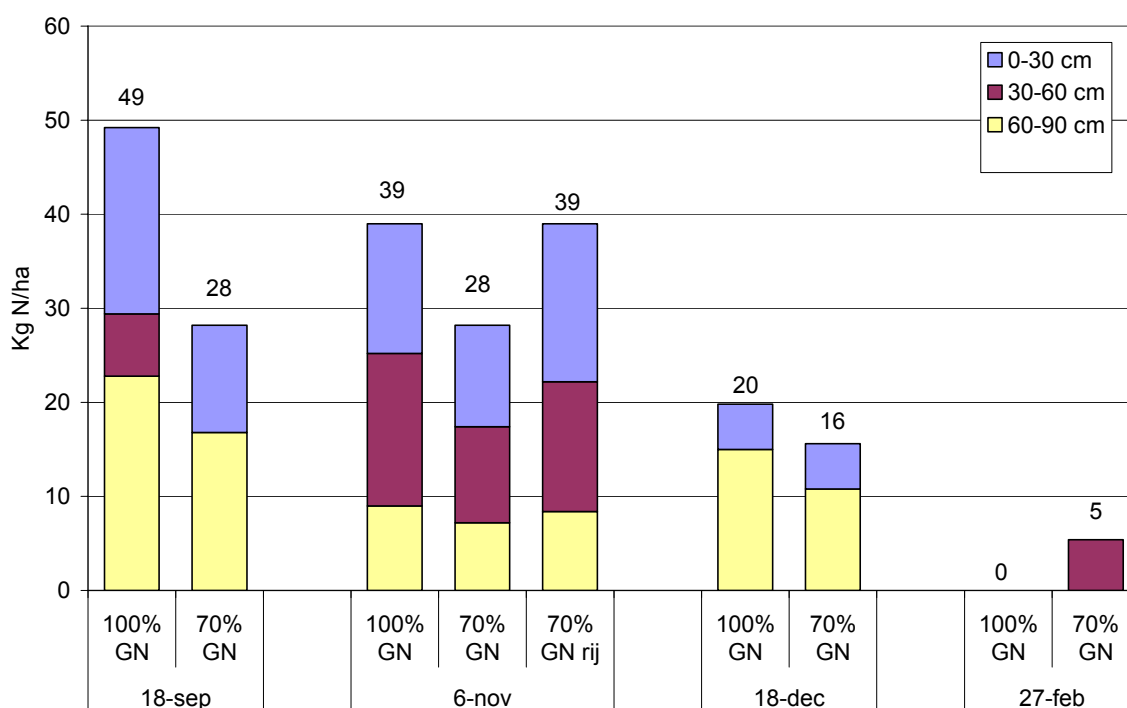
Voor NWP is op 8 november 2005 ook de Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm gemeten bij 70% GN rijenbemesting op perceel 28.2. Deze was vrijwel gelijk aan die bij 70% GN volvelds. In de maanden januari t/m maart werd op perceel 28.2 een gemiddeld nitraatgehalte in het ondiepe grondwater gemeten van 53 mg NO₃/l. In maart was het gehalte het laagst: 46 mg NO₃/l.



Figuur 3. Nmin-verloop in 2005 in de laag 0-90 cm bij bemesting volgens 100% en 70% van de gebruiksnorm 2006 voor snijmaïs (100% GN en 70% GN: resp. 100% en 70% van de gebruiksnorm). De cijfers bovenop de staven geven de totale Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm aan.

In 2006 was de Nmin-voorraad na oogst in de bodemlaag 0-90 cm (gemeten op 18 september) bij 70% GN 21 kg N/ha lager dan bij 100% GN (figuur 4). De Nmin-voorraad was in alle bodemlagen lager. In de natte augustusmaand zal reeds een neerwaartse verplaatsing van stikstof in de bodem hebben plaatsgevonden. Tussen 1 augustus en 18 september was er sprake van een neerslagoverschot van 39 mm (bijlage 13). Tussen 18 september en 6 november nam de Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm bij 100% GN met 10 kg N/ha af en bleef deze bij 70% GN gelijk. Er was in die periode sprake van een neerslagoverschot (bijlage 13), waardoor neerwaartse verplaatsing van stikstof optrad. De Nmin-voorraad in de laag 30-60 cm nam toe en die in de laag 60-90 af. Dit duidt erop dat al voor begin november stikstof tot beneden de 90 cm -mv uitspoelde. Ook uit de laag 0-30 cm is stikstof uitgespoeld, maar er zal ook weer aanvulling hebben plaatsgevonden door mineralisatie. Het verschil in Nmin 0-90 cm tussen de beide objecten op 6 november bedroeg 11 kg N/ha, wat volgens de regressiebenadering van Sturen op Nitraat een verlaging van het nitraatgehalte in het grondwater inhoudt bij 70% GN van 8 mg NO₃ per l.

Tussen 6 november en 18 december nam de Nmin-voorraad in de lagen 0-30 en 30-60 cm af en die in de laag 60-90 cm toe, wat duidt op neerwaartse verplaatsing van stikstof. Er was in die periode een flink neerslagoverschot (bijlage 13). Tussen 18 december en 27 februari was het neerslagoverschot ook groot en spoelde (nagenoeg) alle resterende stikstof in de laag 0-90 cm uit. Tussen 6 november en 27 februari nam de Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm met 39 kg N/ha af bij het object 100% GN en met 23 kg N/ha bij 70% GN. Wanneer verder wordt aangenomen dat alle overige aan- en afvoerposten van stikstof bij beide objecten gelijk waren, zou tussen 6 november en 27 februari het verschil in stikstofverlies naar het grondwater bij 70% GN 16 kg N/ha lager zijn geweest dan bij 100% GN. Het neerslagoverschot in die periode bedroeg 317 mm (bijlage 13). Een uitspoelingsreductie van 16 kg N/ha (71 kg NO₃/ha) komt dan overeen met een 22 mg NO₃/l lager nitraatgehalte in het grondwater.



Figuur 4. **Nmin-verloop in 2006 in de laag 0-90 cm bij bemesting volgens 100% en 70% van de gebruiksnorm 2006 voor snijmaïs (100% GN en 70% GN: resp. 100% en 70% van de gebruiksnorm).** De cijfers bovenop de staven geven de totale Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm aan.

Voor NWP is op 6 november 2006 ook de Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm gemeten bij 70% GN rijenbemesting op perceel 26.2a. Opmerkelijk was dat deze gelijk aan die bij 100% GN volvelds (in

tegenstelling tot 2005). Hier is geen verklaring voor gevonden. In de winterperiode werd op perceel 26.2a een gemiddeld nitraatgehalte in het ondiepe grondwater gemeten van 111 mg NO₃/l.

De resultaten van de beide jaren in maïs zijn samengevat in tabel 16 in paragraaf 2.6.

2.3 Prei

2.3.1 Opzet- en uitvoering 2005

Objecten:

- N-gift volgens de gebruiksnorm 2006: 245 kg N per ha (100% GN)
- N-gift à 75% van deze gebruiksnorm: 185 kg N per ha (75% GN)

De objecten zijn aangelegd op perceel 26.2b van Nutriënten Waterproof (zie bijlage 1). Het perceel is hiertoe in twee helften gedeeld, waarbij de objecten naast elkaar kwamen te liggen in stroken van 9 m breed over de gehele perceelslengte.

Het betrof een winterteelt prei, die begin juli is geplant en begin februari is geoogst. Vóór de prei zijn doperwten geteeld, die twee weken vóór het planten van de prei zijn geoogst. Het erwtlenoof is achtergebleven op het veld en bevatte 127 kg N/ha. Met het mineralisatiemodel Minip (Janssen, 1984) is geschat dat uit de gewasresten van de erwt ca. 80 kg N/ha beschikbaar zou komen tijdens de preiteelt.

Door deze hoge bijdrage uit mineralisatie kan gemakkelijker op de N-gift worden bespaard, zonder opbrengstderving, dan zonder deze mineralisatie. De hogere mineralisatie kan echter ook leiden tot meer uitspoeling en hogere nitraatgehaltenes in het grondwater.

Anderzijds bedroeg de Nmin-voorraad 0-60 cm na de erwtlenoogst 25 kg N/ha, terwijl voor de vaststelling van de gebruiksnorm voor prei is gerekend met een forfaitaire Nmin van 55 kg N/ha (Van Dijk, 2005).

Het netto-voordeel uit de gewasresten erwt zou derhalve 80 – 30 = 50 kg N/ha bedragen. Om tot een zo goed mogelijke vergelijking te komen met een situatie zonder voorvrucht erwt, is dit netto-voordeel meegeteld als “N-gift” en is geplant om 195 kg N/ha aan te vullen bij object 100% GN en 135 kg N/ha bij het object 75% GN.

Bij beide objecten is de N-gift gedeeld en is bemest met KAS. Enkel is in december bijbemest via een gewasbespuiting met ureum. De verdeling van de N-gift over het groeiseizoen is weergegeven in tabel 3. Er zijn dezelfde bijmestmomenten aangehouden als op het naastgelegen perceel 26.2a, waar een stikstofbijmeststelsel (NBS) is gehanteerd op basis van de CropScan-methode voor prei (Booij & Meurs, 2002). Ter verbetering is die methode aangevuld met Nmin-metingen in de bodem (Van Geel et al., 2006 en Van Geel & Meurs, 2004). De resultaten van perceel 26.2a zijn ter vergelijking in dit verslag opgenomen. Van de totale N-gift per object is een kleine deel gereserveerd voor gewasbespuitingen met ureum in de winterperiode voor het geval de prei lichter zou gaan kleuren. De prei bleef in de winter echter goed op kleur. Na 14 december is derhalve niet meer bijbemest en kwamen de totale N-giften iets lager uit dan aanvankelijk was gepland. In bijlage 7 is een overzicht opgenomen van de uitvoering van de teelt.

Tabel 5. **Verdeling van de N-giften in prei (kg N/ha)**

Perceel	Object	15 juli	10 aug	22 aug	14 sep	14 dec	Totaal
26.2b	100% GN	30	27	35	70	10	172
26.2b	75% GN		27	35	46	10	118
26.2a	NBS			35	70	10	115

Bij de oogst is per object op vier plaatsen per strook een oppervlakte van 3 m² handmatig geoogst. Hiervan is de bruto-opbrengst bepaald, de marktbaar opbrengst, de kwaliteit, de sortering (bij klasse I en II) en het drogestof- en N-gehalte in marktbaar product en bladafval (door Blgg, in mengmonsters per object). Prei in klasse I met een schachtdikte van 2-4 cm wordt het beste uitbetaald.

Op 8 november is de Nmin-voorraad in de lagen 0-30 en 30-60 cm gemeten. Dieper meten was niet mogelijk zonder het gewas te beschadigen. Na de oogst is op 22 februari de Nmin-voorraad in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm gemeten.

2.3.2 Resultaten 2005

De prei-opbrengst was aan de lage kant. De prei groeide na het planten slecht en liep daardoor in het begin van de teelt een groeiachterstand op. De slechte begingroei was waarschijnlijk een gevolg van natte weersomstandigheden tijdens en na het planten (juli 2005 was een vrij natte maand) en structuurproblemen van de grond. Door het warme, zonnige najaar werd de achterstand wel weer deels ingehaald, maar het werd geen fors gewas. Verder is de prei kort na een vorstperiode in de winter geoogst. Vorst heeft veelal een nadelige invloed op de opbrengst. In een naastgelegen strook, waar een meststoffendemo was aangelegd, was de prei op dezelfde dag geplant maar net voor de vorstperiode geoogst. In deze demo lagen ook twee objecten die met KAS zijn bemest. De gemiddelde N-gift van deze objecten lag iets onder de gebruiksnorm en de netto-opbrengst bedroeg gemiddeld 35 ton/ha.

De bruto- en marktbaar opbrengst alsook de N-opname waren bij 100% GN hoger dan bij 75% GN. Echter, op het naastgelegen perceel 26.2a was de N-gift bij bemesting volgens NBS even hoog als bij object 75% GN, maar waren de bruto- en marktbaar opbrengst nauwelijks lager dan bij 100% GN en was de N-opname iets lager. Het is niet aan te geven of dit verschil een gevolg is van de verdeling van de N-gift (tabel 5) of van veldvariatie c.q. het op toeval berust.

Verder is opmerkelijk dat bij 100% GN een hoger aandeel van de prei in klasse II terecht kwam dan bij 75% GN en NBS. De marktbaar opbrengst in klasse I was daardoor bij 100% GN en 75% GN min of meer even hoog. Bij NBS was deze nog wat hoger. Het opbrengspercentage in de maatsortering 2-4 cm was bij 75% GN iets lager dan bij 100% GN, maar was bij NBS gelijk aan 100% GN. Er waren geen planten dikker dan 4 cm.

De N-gift was bij 100% GN 54 kg N/ha hoger dan bij 75% GN en de N-opname was 61 kg N/ha hoger. Het berekend N-overschot was daardoor bij 75% GN niet lager dan bij 100% GN, maar zelfs 7 kg N/ha hoger. Bij NBS was het berekend N-overschot 44 kg N/ha lager dan bij 100% GN.

In de situatie op het veld lag de strook 100% GN in het midden en 75% GN en NBS aan weerszijden ernaast (bijlage 1 en 7). Wanneer 75% GN en NBS worden gemiddeld, is het berekend N-overschot 19 kg N/ha lager dan bij 100% GN, wat volgens de WOG-benadering overeenkomt met een reductie van het nitraatgehalte met 18 mg NO₃ per l.

Tabel 6. **Opbrengst, kwaliteit, sortering en N-opname prei 2005 (oogst 2006)**

Perceel	Object	Bruto-opbrengst (ton/ha)	Marktbaar opbrengst (ton/ha)	Klasse I (%)	Opbrengst klasse I (ton/ha)	Klasse II (%)	Klasse III (%)	Schachtdikte klasse I + II (%)		N-opname (kg N/ha)
								1-2 cm	2-4 cm	
26.2b	100% GN	48,3	26,7	61	16,3	37	2	5	93	188
26.2b	75% GN	40,8	21,9	77	16,8	19	4	7	89	127
26.2a	NBS	46,9	25,8	79	20,4	21	0	7	93	175

Op 8 november was de Nmin-voorraad in de bodemlaag 0-60 cm bij object 100% GN weinig hoger dan bij 75% GN en NBS (tabel 5.) Op 22 februari was de Nmin-voorraad in de laag 0-60 cm alsook in 0-90 cm bij 100% GN lager dan bij 75% GN en NBS. De verschillen zijn in absolute zin gering en waarschijnlijk het gevolg van veldvariatie. De cijfers zijn lenen zich niet voor het doen van voorspellingen over het verschil in nitraatverlies.

Tabel 7. **Nmin-voorraad in de bodem op 8 november 2005 en 22 februari 2006 bij prei**

Perceel	Object	8 november			22 februari			
		0-30 cm	30-60 cm	0-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
26.2b	100% GN	24	24	48	11	0	0	11
26.2b	75% GN	22	19	41	17	8	8	33
26.2a	NBS	19	21	40	13	4	4	21

Op perceel 26.2a is in de maanden januari t/m maart een gemiddeld nitraatgehalte in het ondiep grondwater gemeten van 142 mg NO₃/l, wat ver boven de norm ligt van 50 mg/l.

2.3.3 Opzet- en uitvoering 2006

In 2006 is het onderzoek aan het effect van de verlagde gebruiksnorm geïntegreerd in een winterpreiproef in NWP waarin een vergelijking van meststoffen plaatsvond, waarbij ook een stikstoftrappenreeks met KAS was aangelegd: 0, 80, 150, 220 en 290 kg N/ha.

De trappen waren opgebouwd rondom de gebruiksnorm van 2007:

- N-gift volgens de gebruiksnorm 2007: 235 kg N per ha (100% GN)
- N-gift à 75% van deze gebruiksnorm: 165 kg N per ha (70% GN)

M.b.t. de stikstofwerking uit de gewasresten van de voorvrucht erwten is op basis van de onderzoeksresultaten van 2005 (zie paragraaf 3.2) rekening gehouden met een verwachte nawerking van 15 kg N/ha, welke op de N-giften in mindering is gebracht. In de proef is ook de daadwerkelijke nawerking nagegaan in nulveldjes met en zonder afvoer van het erwtenloof. De afleiding van de N-werking is beschreven in paragraaf 3.2.

De proef is aangelegd als volledig gewarde blokkenproef in drie herhalingen op perceel 17.2b van NWP (zie bijlage 2). De beide nulobjecten lagen in twee herhalingen. Voorafgaand aan de teelt is geen organische mest toegediend. De bemesting is uitgevoerd met KAS. Elke N-gift is in vieren gedeeld. De verdeling alsook de overige teeltgegevens en het proefveldschema zijn weergegeven in bijlage 8. De prei is begin juli geplant en eind januari geoogst. De Nmin-voorraad 0-60 cm vlak na de erwtenoogst (c.q. voor aanvang van de preiteelt) bedroeg slechts 19 kg N/ha, 36 kg N/ha minder dan de forfaitaire Nmin van 55 kg N/ha die voor de vaststelling van de gebruiksnorm is gehanteerd.

Per veldje is 9 m² handmatig geoogst. Hiervan is de bruto-opbrengst bepaald, de marktbaar opbrengst, de kwaliteit, de sortering en het drogestof- en N-gehalte in de gehele plant.

De resultaten zijn statistisch geanalyseerd m.b.v. het programma Genstat. Omdat de proef niet orthogonaal was, is gebruik gemaakt van regressie-analyse gevolgd door een tweezijdige t-toets. Daarna is getoetst met welk van de volgende modellen de stikstofrespons het beste kon worden beschreven: 2^e graads polynoom, exponentieel model, lineair-gedeeld-door-lineair model, lijn + exponentieel model, lijn + plateau model of kwadratisch + plateau model. Voor de eerste vier modellen is de notatie overgenomen die in Genstat wordt gehanteerd. De laatste twee modellen zijn ontleend aan Schröder et al. (1998).

Als criteria voor de bepaling van het best beschrijvende model zijn het percentage verklaarde variantie en de significantie van het model (F-probability uit de regressieanalyse) genomen. De analyse is uitgevoerd aan de hand van de objectgemiddelden.

Op 16 oktober is bij alle objecten en 16 november bij de objecten 100% GN en 70% GN de Nmin-voorraad in de lagen 0-30 en 30-60 cm gemeten (mengmonsters per object). Dieper meten was niet mogelijk zonder het gewas te beschadigen. Na de oogst is op 23 januari ook de Nmin-voorraad in de lagen 0-30 en 30-60 cm gemeten bij alle objecten (mengmonsters per object).

2.3.4 Resultaten 2006

De opbrengst steeg bij toename van de N-gift (tabel 8). Ook was het gewas bij hogere N-gift donkerder groen van kleur. Opmerkelijk is echter dat het opbrengstverschil tussen de objecten 80, 150 en 220 kg N/ha klein was en bij 290 kg N/ha de opbrengst sterker toenam (zie ook figuur 5).

Bij afvoer van het erwtenloof bij het nulobject was de kwaliteit duidelijk lager. Bij de overige objecten had de hoogte van de N-gift had geen significant effect op de kwaliteit. Er kwam geen prei in klasse III terecht. Ook was er geen significant verschil tussen de objecten t.a.v. het niet-veilbare aandeel van de opbrengst (rotte planten en planten met schot).

Bij de nulobjecten was de prei duidelijk dunner, met afvoer van het erwtenloof nog meer dan zonder afvoer van het erwtenloof. Bij de overige N-trappen was er geen wezenlijk verschil in dikte.

In de proef kam aantasting door de bacterie *Pseudomonas* voor. De mate van aantasting werd niet significant door de hoogte van de N-gift beïnvloed.

Het drogestofgehalte in de geoogste planten was lager naarmate de N-gift hoger was. De drogestof-

opbrengst was bij de nulobjecten duidelijk lager, maar verschilde niet significant tussen de overige N-trappen. Het N-gehalte in de droge stof en de N-opname per ha namen toe bij verhoging van de N-gift.

Tabel 8.a. **Opbrengst, kwaliteit en sortering prei 2006-2007**

Stikstofgift (N) (kg N/ha)	Bruto opbrengst (ton/ha)	Marktbaar opbrengst (ton/ha)	Klasse I (%)	Opbrengst in klasse I (ton/ha)	Klasse II (%)	Schachtdikte klasse I + II (%)		
						1-2 cm	2-4 cm	>4cm
0 + afvoer erwtenloof	28,7	14,0	86	12,1	14	24	76	0
0	29,5	15,3	97	14,9	3	17	83	0
80	53,4	28,7	97	28,1	2	3	96	1
150 (70% GN)	53,2	29,5	98	29,0	2	4	96	0
220 (100% GN)	55,6	30,1	97	29,2	3	3	96	1
290	63,2	33,4	99	33,1	1	2	96	1
<u>Lsd (p≤0,05)</u>								
nulobjecten onderling ¹	9,4	4,5	11	4,9	11	4	3	2
nulobject – overige ²	8,7	4,1	10	4,5	10	4	3	2
overige onderling ³	7,7	3,6	9	4,0	9	3	3	1

Tabel 8.b. **Gewaskleur, drogestofgehalte en –productie, stikstofgehalte en -opname prei 2006-2007**

Stikstofgift (N) (kg N/ha)	Gewaskleur ⁴		Drogestof- gehalte (%)	Drogestof- opbrengst (ton/ha) ⁵	N-gehalte (g/kg d.s.)	N-opname (kg N/ha)
	21 sep	9 feb				
0 + afvoer erwtenloof	3,0	1,0	14,9	4,05	11,8	48
0	3,0	2,0	13,6	3,82	13,4	51
80	6,7	5,0	11,5	5,91	18,6	110
150 (70% GN)	7,3	6,0	10,8	5,62	24,5	136
220 (100% GN)	7,7	8,0	10,3	5,64	26,8	151
290	8,7	7,7	9,7	6,03	29,3	179
<u>Lsd (p≤0,05)</u>						
nulobjecten onderling ¹	1,2	1,1	1,5	0,9	8,1	52
nulobject – overige ²	1,1	1,0	1,4	0,8	7,6	49
overige onderling ³	1,0	0,9	1,2	0,7	6,6	43

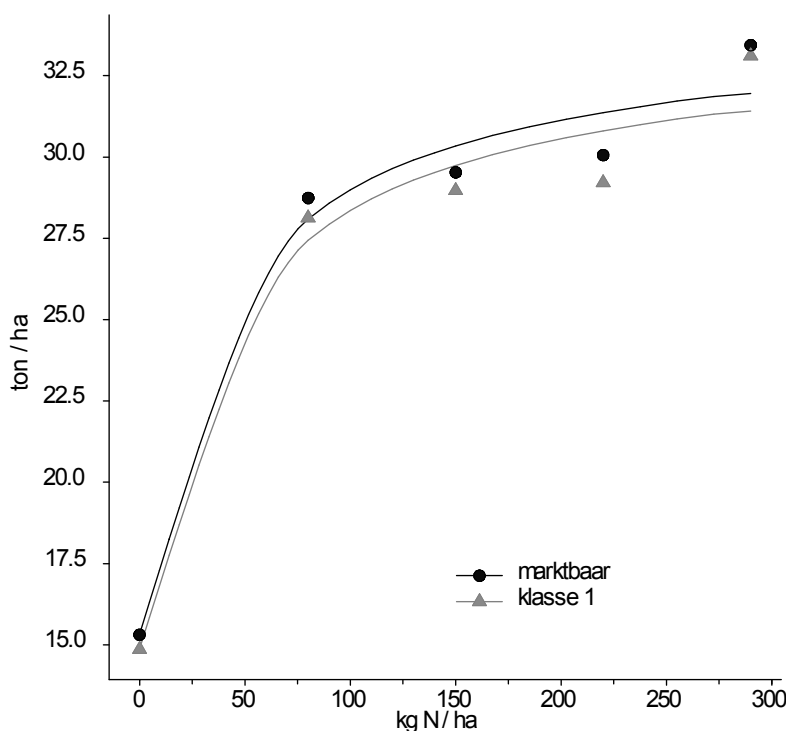
Noten:

1. Lsd-waarde voor de vergelijking van de nulobjecten onderling (met en zonder afvoer erwtenloof)
2. Lsd-waarde voor de vergelijking van het nulobject met één van de overige N-trappen
3. Lsd-waarde voor de vergelijking van de overige N-trappen onderling
4. Een hoger rapportcijfer betekent een donkerder groene kleur
5. na wassen c.q. verwijdering van aanhangend zand

De response van de marktbaar opbrengst alsook van de opbrengst in klasse 1 op de stikstofgift werd het beste beschreven door het 'lineair gedeeld door lineair' model. De response volgens dit model is weergegeven in figuur 5.

Op basis van de gemeten waarden was de marktbaar opbrengst bij 150 kg N/ha (70% GN) 0,6 ton/ha lager (n.s.) dan bij 220 kg N/ha (100% GN). Op grond van de berekende (gefite) waarden volgens de response-curve was het verschil 1,1 ton per ha: 30,3 ton/ha bij 70% GN en 31,4 ton/ha bij 100% GN.

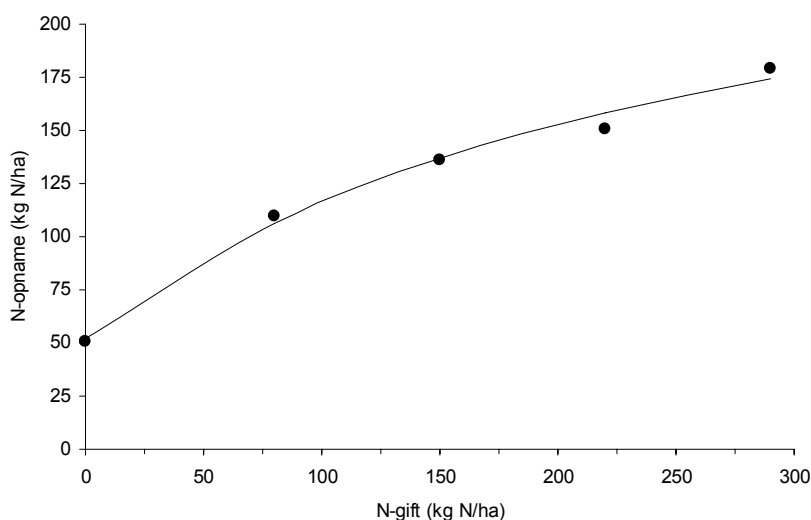
Met behulp van het model kunnen ook alternatieve scenario's worden berekend. De Nmin-voorraad 0-60 cm voor aanvang van de teelt was 36 kg N/ha lager dan de forfaitaire Nmin van 55 kg N/ha die voor de vaststelling van de gebruiksnorm is gehanteerd. Uitgaande van een N-werking van 28 kg N/ha uit het erwtenloof (zie paragraaf 3.2.2), zou het N-aanbod dan 28 – 36 = -8 kg N/ha lager zijn geweest. Indien bij 100% GN en 70% GN een correctie op de gift wordt toegepast van +10 kg N/ha i.p.v. -15 kg N/ha (zie paragraaf 2.3.3.) bedraagt de marktbaar opbrengst volgens het model 30,8 ton/ha bij een N-gift van 175 kg N/ha en 31,6 ton/ha bij een N-gift van 245 kg N/ha. Het verschil bedraagt dan 0,8 ton/ha.



Figuur 5. **Opbrengstresponse winterteelt 2006-2007**

De N-gift was bij 70% GN 70 kg N/ha lager dan bij 100% GN en de gemeten N-opname was slechts 15 kg N/ha lager. Het berekend N-overschot was daardoor bij 70% GN 55 kg N/ha lager dan bij 100% GN, wat volgens de WOG-benadering overeenkomt met een reductie van het nitraatgehalte met 52 mg NO₃ per l. Ook de N-opname kon het beste worden beschreven met het 'lineair gedeeld door lineair' model (figuur 6). Volgens het model bedroeg de berekende N-opname 137 kg N/ha bij 70% GN en 158 kg N/ha bij 100% GN, een verschil van 21 kg N/ha. Volgens deze benadering zou het berekend N-overschot bij 70% GN 49 kg N/ha lager zijn dan bij 100% GN en de reductie in nitraatgehalte met 46 mg NO₃ per l.

Indien wordt uitgegaan van het hierboven geschetste alternatieve scenario's c.q. van 10 kg N/ha hogere N-giften, bedraagt de N-opname volgens het model 145 kg N/ha bij een N-gift van 175 kg N/ha en 164 kg N/ha bij een N-gift van 245 kg N/ha. Het verschil in berekend N-overschot bedraagt dan 51 kg N/ha en de reductie in nitraatgehalte 48 mg NO₃ per l.



Figuur 6. **Stikstofopnameresponse winterteelt prei 2006-2007**

Op 16 november was de Nmin-voorraad in de bodemlaag 0-60 cm bij object 100% GN weinig hoger dan bij 70% GN (tabel 10). Op 23 januari was de Nmin-voorraad in de laag 0-60 cm bij 100% GN hoger dan bij 70% GN. De afname van Nmin in de laag 0-60 cm bedroeg 10 kg N/ha bij 100% GN en 14 kg N/ha bij 70% GN. De verschillen zijn in absolute zin gering en waarschijnlijk het gevolg van veldvariatie.

Op het naastgelegen perceel 17.2a is vóór de winter 219 kg N/ha gestrooid (geheel kunstmest) en werd in de winterperiode een gemiddeld nitraatgehalte in het ondiep grondwater gemeten van 173 mg NO₃/l.

Tabel 10. Nmin-voorraad in de bodem in op 16 oktober¹ en 16 november 2006 en 23 januari 2007 bij prei

Object	16 oktober 2006			16 november 2006			23 januari 2007		
	0-30	30-60	0-60	0-30	30-60	0-60	0-30	30-60	0-60
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
220 (100% GN)	17	37	54	5	17	22	7	5	12
150 (70% GN)	6	14	20	8	9	17	3	0	3

Noot:

1. Na de Nmin-meting van 16 oktober is voor de laatste keer bijbemest (zie bijlage 8).

De resultaten van de beide jaren in prei zijn samengevat in tabel 17 in paragraaf 2.6.

2.4 Broccoli, dubbelteelt

2.4.1 Opzet en uitvoering

Op het broccoliperceel van NWP (perceel 29.1a; zie bijlage 1) is in 2005 op twee plaatsen een plot aangelegd waar hoger is bemest dan op de rest van het perceel, zowel in de 1^e als 2^e teelt broccoli. Op de rest van het perceel kwam een N-gift volgens het bemestingsplan van NWP. De plots waren 15 x 15 m². Aanleg van meer objecten of plots was niet gewenst, omdat op de NWP-percelen meerjarig onderzoek wordt uitgevoerd. Er wordt daarom naar gestreefd om binnen de percelen c.q. experimentele eenheden geen of zo min mogelijk varianten aan te leggen.

In de 1^e broccoliteelt zijn de plots bemest volgens de gebruiksnorm 2006: 270 kg N/ha. Op de rest van het perceel is 189 kg N/ha bemest. Dit komt overeen met 70% van de gebruiksnorm.

Na de 1^e teelt zijn de gewasresten achtergebleven op het veld. In de 2^e teelt broccoli is voor NWP een NBS toegepast. Dit resulteerde in een N-gift van 115 kg N/ha, waarvan 50 kg N/ha bij planten en 65 kg N/ha een maand na planten.

Volgens de gebruiksnorm 2006 zou in de 2^e teelt wederom 270 kg N/ha kunnen worden gegeven. Vanuit bemestingsoogpunt is dat na een 1^e teelt broccoli echter een zeer hoge gift. Na de 1^e teelt zat er bij het object 100% GN 54 kg N/ha in de laag 0-60 cm. Het N-bemestingsadvies bedraagt dan 246 kg N/ha (Van Dijk, 2003). Hiervan kan nog zo'n 50 à 60 kg N/ha worden afgetrokken voor de N-werking uit de gewasresten van de 1^e teelt.

Er is daarom voor gekozen om in de 2^e teelt op de plots eenzelfde verschil in N-gift aan te houden als in de 1^e teelt, resulterend in een gift van 196 kg N/ha, waarvan 50 kg N/ha bij planten en 116 kg N/ha een maand na planten.

Na de oogst van de 2^e teelt zijn de broccolistronken afgemaaid en van het veld afgevoerd en is een groenbemester gezaaid. Deze nam bij beide objecten voor de winter 20 kg N/ha op.

In bijlage 9 is een overzicht opgenomen van de uitvoering van de teelt.

Bij de oogst is per plot 12 m² geoogst. Op de rest van het veld is eveneens op twee plekken 12 m² geoogst. Van de geoogst broccolischermen is de opbrengst bepaald, de kwaliteit, de sortering en het drogestof- en N-gehalte in schermen en gewasresten (door Blgg, in mengmonsters per object). Gestreefd wordt naar zoveel mogelijk schermen in klasse I met een doorsnede van 14-18 cm. Schermen >18 cm leveren het minst op.

Op 7 juli is na de oogst van de 1^e teelt de Nmin-voorraad in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm gemeten. Op 19 september is deze na de oogst van de 2^e teelt gemeten en op 8 november, 14 december en 7 maart.

2.4.2 Resultaten

De opbrengst aan marktbaar scherm was in beide teelten zeer hoog en de kwaliteit goed. In KWIN AGV 2006 (De Wolf & Van der Klooster, 2006) wordt uitgegaan van een gemiddelde schermopbrengst van 11,5 ton per ha in de zomerteelt (1^e teelt) en 9,0 ton per ha in de herfstteelt (2^e teelt). Die cijfers zijn gebaseerd op het teeltgebied Noord-Holland (klei). In NWP wordt gestreefd naar 10 ton per ha als een reëel haalbare opbrengst onder goede groeiomstandigheden op zandgrond met 90% van de opbrengst in klasse I. In beide teelten gaf de hogere N-gift een hogere opbrengst (tabel 11). De kwaliteit (percentage in klasse I) verschilde in beide teelten niet wezenlijk tussen de twee N-niveaus. Ook het opbrengstpercentage in de sortering 14-18 cm was bij de 1^e teelt min of meer gelijk bij beide N-niveaus. De hogere opbrengst in de 1^e teelt was hoofdzakelijk het gevolg van een hoger oogstpercentage: ruim 4.000 meer marktbaar schermen per ha.

Bij de 2^e teelt gaf de hogere N-gift een wat lager percentage in de sortering 14-18 cm en een hoger percentage >18 cm. Behalve bemesting speelt de keuze van de oogstmomenten hierbij een rol. Bij beide objecten zijn de schermen op dezelfde data geoogst. Eigenlijk hadden de schermen bij de hoge N-gift eerder kunnen worden geoogst, waardoor ze wat kleiner waren c.q. de maatsortering gunstiger was geweest. De totale kilogramopbrengst zou dan geweest.

Bij de oogst zijn zowel het aantal schermen als de kilogramopbrengst per sortering vastgesteld, waaruit het gemiddeld schermgewicht (per sortering) kon worden berekend. Het totaal aantal geoogste schermen was bij de hoge N-gift ruim 400 stuks per ha hoger dan bij de lage N-gift. Indien bij de hoge N-gift de aantalsverhouding in de verschillende sorteermaten hetzelfde was geweest als bij de lage N-gift en het gemiddeld schermgewicht in elke sortering ook het hetzelfde was geweest, zou de meeropbrengst slechts zo'n 160 kg per ha hebben bedragen ten opzichte van de lage N-gift. In werkelijkheid was het gemiddeld schermgewicht bij de hoge N-gift per sorteermaat iets hoger. Wanneer van die hogere stuksgewichten wordt uitgegaan, zou de meeropbrengst zo'n 280 kg per ha hebben bedragen.

De totale gemeten N-opname door het gewas bij de 1^e teelt was bij de hoge N-gift weinig hoger dan bij de lage N-gift en bij de 2^e teelt zelfs lager. Dit laatste was een gevolg van een lagere, vastgestelde hoeveelheid stikstof in de gewasresten. De hoeveelheid gewasresten was bij de hoge N-bemesting lager, maar ook het N-gehalte in de gewasresten.

Bij de hoge N-bemesting is totaal in de dubbelteelt 466 kg N/ha toegediend en bij de lage N-bemesting 304 kg N/ha. Uitgaande van een praktijksituatie waarbij de gewasresten van zowel de 1^e als 2^e teelt op het veld achterblijven, zou er met de geoogste schermen 127 kg N/ha zijn afgevoerd bij de hoge N-bemesting en 114 kg N/ha bij de lagere N-bemesting, resulterend in N-overschotten van 339 respectievelijk 190 kg N/ha. Bij de hoge N-bemesting zou het N-overschot dus 149 kg N/ha hoger zijn, wat volgens de WOG-benadering overeenkomt met een verhoging van het nitraatgehalte in het (ondiepe) grondwater met 140 mg NO₃ per l (bijlage 12).

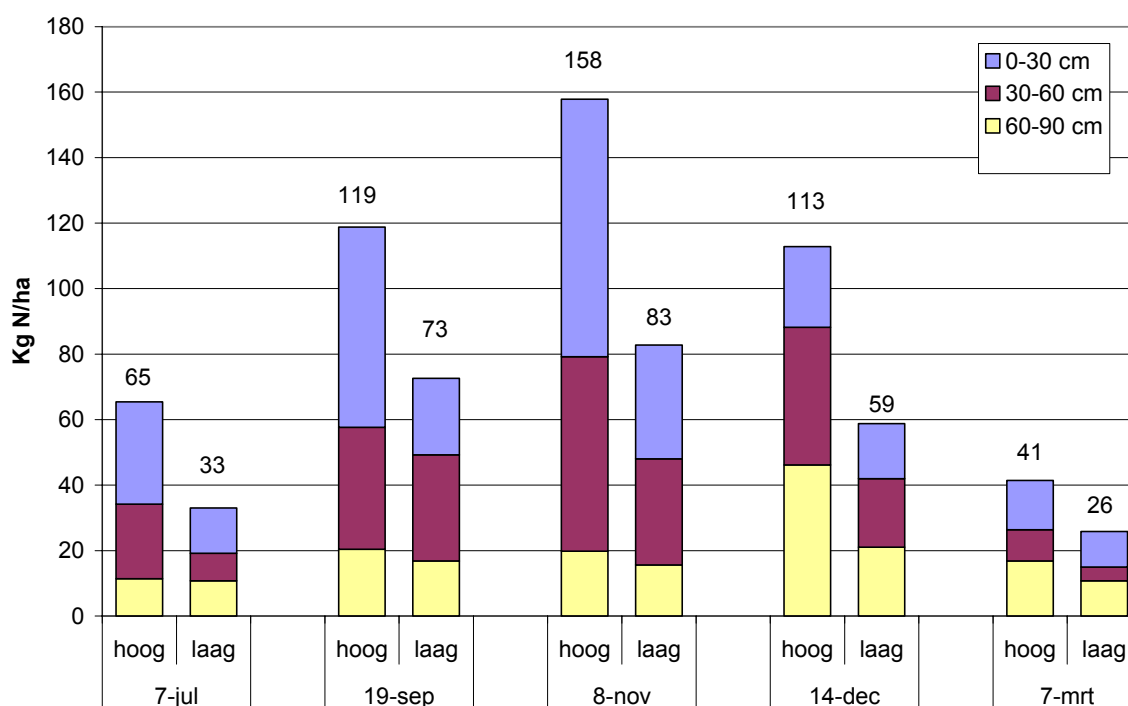
De voornoemde hoge overschotten bij een in praktijk gangbare teeltwijze maken broccoli tot een probleemgewas als het gaat om het halen van de streefwaarde van 50 mg nitraat per liter. In deze proef werd door afvoer van gewasresten van de tweede teelt het overschot verlaagd naar 259 respectievelijk 76 kg N/ha. Volgens de WOG-systematiek zou bij deze overschotten nog de stikstofaanvoer uit depositie moeten worden bijgeteld (zie bijlage 12) en zou zelfs de laatste waarde nog altijd een flinke overschrijding van de nitraatnorm inhouden.

Tabel 11. **Opbrengst, kwaliteit, sortering en N-opname broccoli**

N-gift (kg N/ha)	Scherm opbrengst (ton/ha)	Klasse I			Klasse II			N-opname (kg N/ha)		
		10-14 cm	14-18 cm	>18 cm	10-14 cm	14-18 cm	>18 cm	scherm- men	gewas- resten	totaal
<i>1^e teelt</i>										
270	16,4	39%	47%	4%	4%	4%	2%	58	109	167
189	15,0	46%	44%	2%	2%	6%	0%	52	108	160
<i>2^e teelt</i>										
196	18,9	25%	42%	32%	1%	0%	0%	69	80	149
115	15,5	42%	50%	6%	2%	0%	0%	62	114	176

Na de oogst van de 1^e teelt was de Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm (op 7 juli) 32 kg N/ha hoger bij de hoge N-gift (figuur 7). Zowel de Nmin-voorraad in de laag 0-30 cm als 30-60 waren hoger, wat erop duidt dat zich tijdens de teelt al stikstof naar beneden heeft verplaatst. In de laag 60-90 cm was er geen verschil. Na de oogst van de 2^e teelt was de Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm (op 19 september) 46 kg N/ha hoger bij de hoge N-gift. Het verschil zat vooral in de laag 0-30 cm.

Tussen 19 september en 8 november nam de Nmin-voorraad in de laag 0-60 cm bij beide objecten toe, wat moet worden toegeschreven aan mineralisatie en depositie. Opmerkelijk is dat bij de hoge N-bemesting die toename veel sterker was dan bij de lage N-bemesting, terwijl er geen (groot) verschil in mineralisatie was te verwachten. De N-inhoud van de gewasresten van de 1^e teelt, waaruit na de oogst van de 2^e teelt nog steeds stikstof blijft mineraliseren, was gelijk en de gewasresten van de 2^e teelt zijn afgevoerd.



Figuur 7. Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm na de oogst van de 1^e broccoliteelt (meting 7 juli) en de 2^e teelt (meting 19 september) en in het najaar en de winter bij twee N-bemestingsniveau's (hoog en laag). De cijfers bovenop de staven geven de totale Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm aan.

Bij de 1^e teelt is bij de hoge N-gift 81 kg N/ha meer gegeven dan bij de lage N-gift en is in de bovengrondse gewasdelen slechts 7 kg N/ha meer opgenomen, ofwel 74 kg N/ha is niet opgenomen. Dit verschil werd niet teruggevonden in de Nmin 0-90 cm na de 1^e teelt. Het verschil in Nmin bedroeg slechts 32 kg N/ha. Bij de 2^e teelt waren bij het hoge N-niveau de N-gift plus Nmin 0-90 cm vóór de teelt 113 kg N/ha hoger dan bij het lage N-niveau, terwijl de gemeten N-opname in de bovengrondse delen lager was. Er is dus bij het hoge N-niveau >100 kg N/ha meer overgeschoten dan bij het lage N-niveau. Dit verschil werd ook hier niet teruggevonden in de Nmin-voorraad na oogst. De gemeten waarden duiden er op dat er stikstof tijdelijk is vastgelegd door het bodemleven en dat deze stikstof pas na de oogst van de 2^e teelt weer vrijgekomen is. Bij de hoge N-bemesting was er tussen 19 september en 8 november ook sprake van verplaatsing van stikstof van de laag 0-30 cm naar 30-60 cm. Er was in die periode een klein neerslagoverschot (bijlage 13). De regressiebenadering van Sturen op Nitraat zou, uitgaande van het Nmin-verschil op 8 november van 75 kg N/ha, voor het lagere N-niveau een verlaging van het nitraatgehalte betekenen van 52 mg NO₃/l. Tussen 8 november en 14 december nam de Nmin-voorraad in de laag 0-30 cm sterk af en die in de laag 60-90 cm toe, wat duidt op neerwaarts transport van stikstof. Op 7 maart was de Nmin-voorraad in alle drie de bodemlagen afgenomen, maar was die in de laag 0-90 cm bij de hoge N-bemesting nog steeds wat hoger.

Totaal verdween er tussen 8 november en 7 maart 116 kg N/ha uit de laag 0-90 cm bij de hoge N-bemesting en 57 kg N/ha bij de lage N-bemesting. Wanneer wordt aangenomen dat alle overige aan- en afvoerposten van stikstof bij beide objecten gelijk waren, zou tussen 8 november en 7 maart het verschil in stikstofverlies naar het grondwater tussen de beide N-niveaus 59 kg N/ha (261 kg NO₃/ha) hebben bedragen. Gedeeld door 164 mm neerslagoverschot in diezelfde periode (bijlage 13), komt dat overeen met een verschil van 159 mg NO₃/l in het (ondiepe) grondwater.

Er zijn op het broccoliperceel gedurende de winter geen nitraatgehaltes in het grondwater gemeten.

De resultaten van broccoli zijn samengevat in tabel 18 in paragraaf 2.6.

2.5 Suikerbiet

2.5.1 Opzet en uitvoering 2006

In suikerbiet zijn in 2006 drie N-niveaus aangebracht:

- N-gift volgens de landelijke N-bemestingsrichtlijn: 190 kg N/ha (125% GN)
- N-gift volgens de gebruiksnorm: 150 kg N/ha (100% GN)
- N-gift à 80% van de gebruiksnorm: 120 kg N/ha (80% GN)

De objecten 125% GN en 80% GN zijn aangelegd op perceel 28.2b van Nutriënten Waterproof (zie bijlage 2). Het perceel is hiertoe in twee helften gedeeld, waarbij de objecten naast elkaar kwamen te liggen in stroken van 9 m breed over de gehele perceelslengte. Object 100% GN lag op perceel 28.2a en betrof de standaard bemesting van NWP. Er werd hier 149 kg N/ha gestrooid. De Nmin-voorraad was begin maart zeer laag: 7 kg N/ha in de laag 0-60 cm, waardoor de gift volgens de N-bemestingsrichtlijn hoog was. Er is geheel met KAS bemest. Er is 100 kg N/ha vlak na zaai gegeven en de rest van de gift half mei. In bijlage 10 is een overzicht opgenomen van de uitvoering van de teelt.

Bij de oogst is per object op vier plaatsen per strook een oppervlakte van 4 m² handmatig geoogst. Hiervan zijn de wortel- en loofopbrengst bepaald, het drogestof- en N-gehalte (door Blgg, in mengmonsters per object) en de kwaliteit (door IRS, in mengmonsters per object).

Naast de wortelopbrengst hebben het suikergehalte en de winbaarheid effect op de uitbetalingsprijs en de financiële opbrengst per ha. Een hoger suikergehalte en hogere winbaarheid resulteren in een hogere prijs. Een te hoog stikstofaanbod leidt tot een lager suikergehalte en een lagere winbaarheid.

Op 9 november (na de oogst), 21 december en 27 februari is de Nmin-voorraad in de bodemlagen 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm gemeten.

2.5.2 Resultaten 2006

De wortelopbrengst was wat hoger bij een hogere N-gift. Het suikergehalte en de winbaarheid waren bij alle objecten hoog. Bij 125% GN waren ze iets lager, maar de verschillen waren gering. Ook qua financiële opbrengst per ha waren de verschillen gering. Deze was het hoogst bij 100% GN, maar als de extra meststofkosten er vanaf worden getrokken (30 kg N/ha x €083 = €25), is het financieel saldo €16 lager dan dat van 80% GN.

Tabel 12. **Opbrengst, kwaliteit en stikstofopname suikerbiet 2006**

Object	Totale N-gift (kg N/ha)	Wortel- opbrengst (ton/ha netto)	Suiker- gehalte (%)	Winbaar- heids- index	Financiële opbrengst (€ per ha)	N-opname (kg N/ha)		
						biet	loof +kop	totaal
125% GN	190	73,4	17,3	92,3	3.082	84	124	208
100% GN	150	72,0	17,5	92,7	3.091	71	90	161
80% GN	120	71,3	17,6	92,7	3.082	57	88	145

De N-opname was hoger bij hogere N-gift. De afvoer met het het geoogste product was eveneens hoger, maar de hoeveelheid stikstof die achterbleef in de gewasresten ook. De afvoer van het veld was bij 80% GN 14 kg N/ha lager dan bij 100% GN en het N-overschot was 16 kg N/ha lager, wat volgens de WOG-benadering overeen met een verlaging van het nitraatgehalte in het grondwater van 15 mg NO₃ per l (zie bijlage 12).

Bij 125% GN was de afvoer 13 kg N/ha hoger dan bij 100% GN en het N-overschot 27 kg N/ha hoger, wat overeen met een verhoging van het nitraatgehalte van 25 mg NO₃ per l.

Gelet op de totale N-opname in het gewas werd de extra gegeven 40 kg N/ha bij 125% GN volledig teruggevonden in het gewas (tabel 12). Bij 80% GN werd door 30 kg N/ha minder te geven de totale N-opname maar met 20 kg N/ha verlaagd. Het moet in acht worden genomen dat veldvariatie en de meetfout hierbij ook een rol kunnen spelen.

De Nmin-voorraad na oogst in de bodemlaag 0-90 cm was laag en vertoonde geen relatie met de hoogte van de N-gift (figuur 8). De Nmin was zelfs het laagst bij 125% GN. Op basis van de Sturen-op-Nitraat-relatie zou 80% GN niet tot een lagere nitraatuitspoeling leiden dan 100% GN, terwijl 125% GN een verlaging van zou geven van 8 mg NO₃ per l.

Echter tussen 9 november en 21 december nam de Nmin 0-90 cm bij 125% GN sterk toe en bij de andere twee objecten weinig. Die sterkere toename bij 125% GN is wellicht een gevolg geweest van de hogere N-inhoud van de achtergebleven gewasresten (tabel 12) en een hogere N-mineralisatie hieruit, hoewel het verschil in Nmin tussen 125% GN en de andere twee objecten niet is te verklaren uit een modelberekening van de mineralisatie met behulp van Minip (Janssen, 1996). In tabel 13 is de m.b.v. Minip geschatte mineralisatie van stikstof per object weergegeven. Hierbij is uitgegaan van de gemeten N-inhoud van het loof, een aanname voor de N-inhoud van de achtergebleven oogstresten en wortels en van de actuele temperatuursgegevens te Vredepeel. De C/N-verhouding van de gewasresten is gebaseerd op het gemeten N-gehalte in de droge stof van loof+kop, het gemeten ruw as-/organischestofgehalte, een aanname van 45% C in de o.s. en een aanname van 1% N in de droge stof van de wortelresten.

Het is ook denkbaar dat er bij 125% GN op 9 november sprake was van tijdelijke stikstofvastlegging door het bodemleven en dat deze stikstof tussen 9 november en 21 december vrijkwam

Tussen 100% GN en 80% GN was er geen wezenlijk verschil qua Nmin, wat overeenstemt met de bevinding dat er nauwelijks verschil was qua N-inhoud van de gewasresten en de N-mineralisatie hieruit.

Tabel 13. **Geschatte stikstofmineralisatie (kg N/ha) uit de gewasresten van suikerbiet per object in 2006**

Object	Totale N-gift (kg N/ha)	Totale stikstof in gewasresten	C/N-verhouding gewasresten	N-mineralisatie	
				9 nov – 21 dec	21 dec – 27 feb
125% GN	190	135	22	16	17
100% GN	150	102	19	13	13
80% GN	120	100	21	12	13

Tussen 9 november en 21 december vond ook neerwaarts transport van stikstof plaats. Er was in die periode sprake van een neerslagoverschot (bijlage 13). Met name bij 125% GN nam de hoeveelheid stikstof in de laag 30-60 cm sterk toe. De Nmin in de laag 60-90 cm veranderde nauwelijks.

Bij de objecten 100% GN en 80% GN was de met Minip berekende mineralisatie tussen 9 november en 21 december hoger dan de toename in Nmin. Het is niet aan te geven hoeveel er van de gemineraliseerde stikstof als Nmin in de bodemlaag 0-90 cm bleef en hoeveel er is uitgespoeld en/of gedenitrificeerd.

Op 27 februari was de Nmin in de laag 60-90 cm bij alle objecten toegenomen en in de laag 0-60 cm afgenomen. De wat hogere Nmin bij 125% GN valt te verklaren uit de hogere voorraad op 21 december en een iets hogere mineralisatie uit de gewasresten (tabel 12).

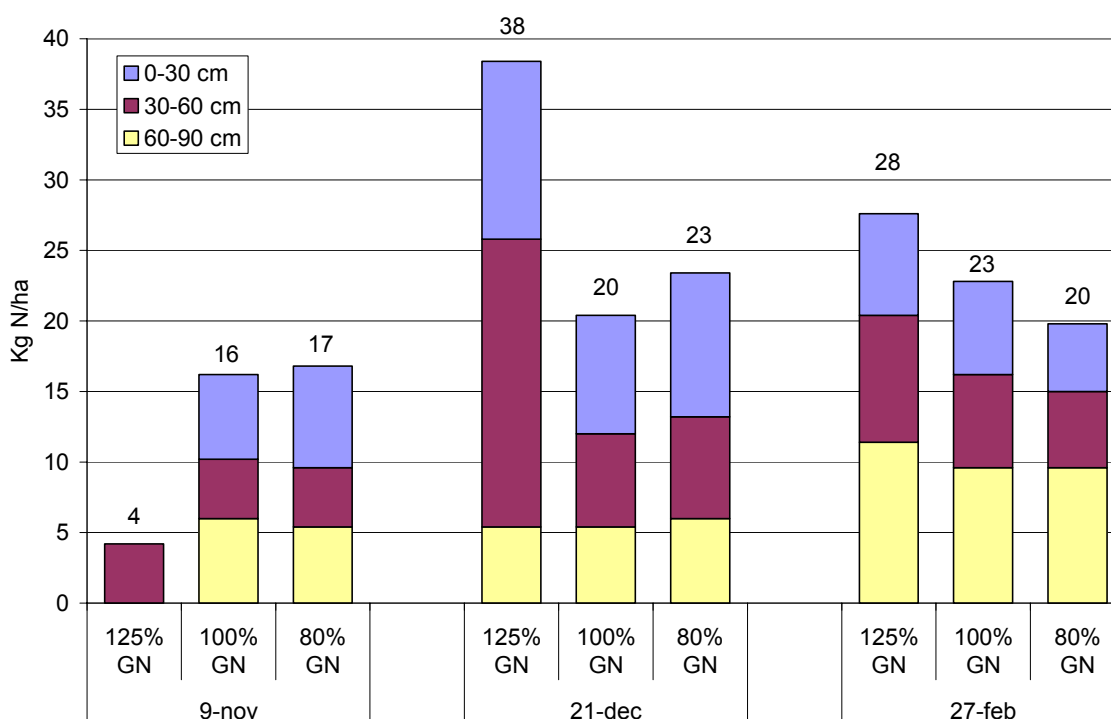
Hierna is een vergelijking gemaakt tussen de objecten op basis van het gemeten Nmin-verloop plus de met Minip berekende mineralisatie:

	125% GN	100% GN	80% GN
Nmin 0-90 cm 9 nov	4	16	17
Mineralisatie bietenloof 9 nov – 21 dec	16	13	12
Nmin 0-90 cm 21 dec	<u>38</u>	<u>20</u>	<u>23</u>
Verlies	-18	9	6
Nmin 0-90 cm 21 dec	38	20	23
Mineralisatie bietenloof 21 dec – 27 feb	17	13	13
Nmin 0-90 cm 27 feb	<u>28</u>	<u>23</u>	<u>20</u>
Verlies	27	10	16
Verlies tussen 9 nov en 27 feb	9	19	22

Uit de vergelijking kan niet worden opgemaakt dat het N-verlies in de winterperiode hoger was na een hogere N-bemesting. Het resultaat over de gehele periode 9 november – 27 februari wordt wel sterk beïnvloed door de lage Nmin op 9 november bij 125% GN. Indien wordt aangenomen dat de Nmin niet lager was dan bij 100% GN en 80% GN en deze waarde op 16 à 17 kg N/ha wordt gesteld, zou het N-verlies tussen 9 november en 21 december echter nog steeds lager zijn geweest dan bij 100% GN en 80% GN. Over de gehele periode tussen 9 november en 27 februari zou het op 25 à 26 kg N/ha uitkomen, wat weinig hoger is dan bij 80% GN. Daarbij moet worden opgemerkt dat het verlies deels kan bestaan uit vervluchtiging, waardoor de verschillen in nitraatuitspoeling kleiner worden.

In de winterperiode werd op perceel 28.2a (100% GN) een gemiddeld nitraatgehalte in het ondiepe grondwater gemeten van slechts 36 mg NO₃/l.

De resultaten van suikerbiet zijn samengevat in tabel 19 in paragraaf 2.6.



Figuur 8. Nmin-verloop in 2006 in de laag 0-90 cm bij bemesting volgens 125% (adviesgift), 100% en 80% van de gebruiksnorm 2006 voor suikerbieten (respectievelijk 125% GN, 100% GN en 80% GN). De cijfers bovenop de staven geven de totale Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm aan.

2.5.3 Opzet en uitvoering 2005 (NWP)

In 2005 zijn vanuit NWP in suikerbiet twee N-niveaus aangebracht:

- N-gift volgens de landelijke N-bemestingsrichtlijn: 188 kg N/ha (125% GN)
- N-gift volgens bemestingsstrategie NWP: 145 kg N/ha (95% GN)

Objecten 125% GN is aangelegd op de percelen 16.1b en 16.2b van Nutriënten Waterproof en object 95% GN op de percelen 16.1a en 16.2a (zie bijlage 1). Op de percelen 16.2a en 16.2b is volledig met kunstmest bemest. Op de percelen 16.1a en 16.1b is een basisbemesting met varkensdrijfmest uitgevoerd à 145 kg werkzame N per ha. Op perceel 16.1b is 43 kg N/ha bijbemest als KAS. De Nmin-voorraad begin maart in de laag 0-60 cm bedroeg slechts 7 kg N/ha, waardoor de gift volgens de N-bemestingsrichtlijn hoog was. In bijlage 11 is een overzicht opgenomen van de uitvoering van de teelt.

Bij de oogst is per object op vier plaatsen per strook een oppervlakte van 4 m² handmatig geoogst. Hiervan is de wortel- en loofopbrengst bepaald, het drogestof- en N-gehalte (door Blgg, in mengmonsters per object) en de kwaliteit (door IRS, in mengmonsters per object).

Na oogst is (op 10 november) de Nmin-voorraad in de bodemlagen 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm gemeten.

2.5.4 Resultaten 2005

De wortelopbrengst was bij 125% GN gemiddeld over de beide percelen 6,0 ton per ha hoger dan bij 95% GN (tabel 14). Het suikergehalte en de winbaarheid waren bij alle objecten hoog en ook nagenoeg even hoog bij beide N-giften.

De financiële opbrengst is berekend met de uitbetalingsprijs van 2006 (die lager was dan in 2005). De financiële opbrengst zou dan bij de hoge N-gift gemiddeld €275,- per ha hoger zijn geweest. Na aftrek van de extra bemestingskosten zou het saldo €239,- per ha hoger zijn geweest.

Het N-overschot was bij de hoge N-gift gemiddeld 21 kg N/ha hoger, wat volgens de WOG-benadering overeenkomt met een verhoging van de nitraatconcentratie van 20 mg NO₃ per l.

De Nmin 0-90 cm na oogst was laag en verschilde weinig tussen de beide N-giften. Op basis van de Sturen-op-Nitraat-relatie zou bij 125% GN het nitraatgehalte 1 mg NO₃ per l hoger zijn dan bij 95% GN.

In de winterperiode werd op perceel 16.1a een gemiddeld nitraatgehalte in het ondiepe grondwater gemeten van 95 mg NO₃/l en op perceel 16.2a van 64 mg/l.

Tabel 14. **Opbrengst, kwaliteit, stikstofopname en Nmin na oogst suikerbiet 2005**

Perceel	Object	Totale N-gift (kg N/ha)	Wortel-opbrengst (ton/ha netto)	Suiker-gehalte (%)	Winbaarheids-index	Financiële opbrengst (€ per ha)	N-opname (kg N/ha)			Nmin 0-90 cm (kg N/ha) na oogst
							biet	loof +kop	totaal	
16.1a	95% GN	145	64,0	19,2	93,2	3114	67	66	133	28
16.1b	125% GN	188	70,8	19,1	93,2	3423	88	92	180	29
16.2a	95% GN	145	62,6	19,1	93,5	3037	60	68	128	23
16.2b	125% GN	188	67,7	19,1	93,3	3277	84	82	166	26

2.6 Samenvatting van de resultaten en discussie

In deze paragraaf zijn alle resultaten van de verlaagde N-bemesting samengevat in de tabellen 15 t/m 19. In de tabellen zijn tevens de financiële gevolgen aangegeven van de verlaagde N-gift op het saldo: het verschil in financiële opbrengst minus de besparing op stikstofkosten. Voor de opbrengstprijzen van de producten is uitgegaan van KWIN AGV 2006 (De Wolf, M. & A. van der Klooster, 2006). Voor de prijs van stikstof is uitgegaan van €0,83 per kg N (KAS).

Bij aardappel is ook rekening gehouden met onderwatergewicht (owg). In 2006 was de uitbetalingsprijs bij 75% GN een euro per ton hoger dan bij 100% GN door het iets hogere owg.

Bij snijmaïs is ervan uitgegaan dat in een praktijksituatie de volveldsbemesting volledig plaatsvindt met

eigen drijfmest of aangevoerde drijfmest van een veehouder. Hiervoor zijn geen meststofkosten gerekend. In het laatste geval ontvangt de teler momenteel zelfs geld voor afname van de mest (incl. toediening). In geval van 120 kg N/ha als rijenbemesting met KAS is de extra gebruikte KAS ten opzichte van de volvelds bemesting (83 kg N/ha in 2005 en 93 kg N/ha in 2006; zie paragraaf 2.2.1) als extra kostenpost in rekening gebracht.

Tabel 15. **Effect verlaagde gebruiksnorm of N-gift op de opbrengst, kwaliteit en uitspoelingsparameters bij consumptieaardappel**

	2005	2006
N-gift à 100% gebruiksnorm zand 2006 (kg N/ha)	265	265
Verlaagde N-gift (kg N/ha) à -25%	200	200
Effect verlaagde N-gift op:		
• totale netto knolopbrengst (ton/ha)	-3,5 (-7%)	+2,8 (+6%)
• knolopbrengst >30 mm (ton/ha)	-3,6 (-8%)	+2,7 (+6%)
• maatsortering	gelijk	gelijk
• onderwatergewicht (g)	gelijk	nauwelijks verschil
• financieel saldo (per ha)	-€235	+€275
• N-overschot (kg N/ha)	-25	-58
• Nmin 0-90 cm begin nov (kg N/ha)	-14	-13
• nitraatgehalte (mg NO ₃ /l) volgens:		
○ WOG-methode / mest-abc	-23	-54
○ relatie Sturen op Nitraat	-10	-9
○ Nmin-verlies winter uit de laag 0-90 cm	geen verlaging	-24

Tabel 16. **Effect verlaagde gebruiksnorm of N-gift op de opbrengst, kwaliteit en uitspoelingsparameters bij snijmaïs**

	2005		2006	
N-gift à 100% gebruiksnorm zand 2006 (kg N/ha)	175 ¹		175 ¹	
Verlaagde N-gift (kg N/ha) à -30%	120		120	
Effect verlaagde N-gift op:				
	<i>volvelds²</i>	<i>rij²</i>	<i>volvelds²</i>	<i>rij²</i>
• drogestofopbrengst (ton/ha)	-0,5 (-3%)	+0,1 (+1%)	-2,4 (-19%)	0 (0%)
• drogestofgehalte	niet nadelig	niet nadelig	niet nadelig	niet nadelig
• financieel saldo (per ha)	- €65	- €55	- €310	- €75
• N-overschot (kg N/ha)	-17	-25	-4	-48
• Nmin 0-90 cm begin nov (kg N/ha)	-14	-17	-11	0
• nitraatgehalte (mg NO ₃ /l) volgens:				
○ WOG-methode / mest-abc	-16	-23	-4	-45
○ relatie Sturen op Nitraat	-10	-12	-8	0
○ Nmin-verlies winter uit de laag 0-90 cm	-22	-	-22	-

Noten:

1. N-gift die inligt tussen de gebruiksnorm voor bedrijven met en zonder derogatie.
2. Effect bij 120 kg N/ha als volvelds bemesting dan wel als rijenbemesting.

Tabel 17. **Effect verlaagde gebruiksnorm of N-gift op de opbrengst, kwaliteit en uitspoelingsparameters bij winterprei**

	2005	2006
N-gift à 100% gebruiksnorm zand 2006 resp. 2007 (kg N/ha)	245 (172) ¹	235
Verlaagde N-gift (kg N/ha) à -25% (2005) en -30% (2006)	185 (117) ¹	165
Effect verlaagde N-gift op:		
• marktbaar opbrengst (ton/ha)	-2,9 (-11%)	-0,8 (-3%)
• klasse 1 (%; absoluut)	+17%	geen effect
• klasse 1 (ton/ha)	+2,3 (+14%)	-0,8 (-3%)
• financieel saldo (per ha)	? ²	-€400
• N-overschot (kg N/ha)	-19	-51
• Nmin 0-90 cm begin resp. half nov (kg N/ha)	-8 ³	-5 ³
• nitraatgehalte (mg NO ₃ /l) volgens:		
○ WOG-methode / mest-abc	-18	-48
○ relatie Sturen op Nitraat	niet bekend	niet bekend
○ Nmin-verlies winter uit de laag 0-90 cm	niet bekend	niet bekend

Noten:

1. Tussen haakjes: de daadwerkelijk gegeven hoeveelheid stikstof.
2. Door het ontbreken van informatie over het verschil in uitbetalingsprijs tussen de verschillende kwaliteitsklassen, kon het effect op de financiële opbrengst niet worden berekend.
3. In de bodemlaag 0-60 cm

Tabel 18. **Effect verlaagde gebruiksnorm of N-gift op de opbrengst, kwaliteit en uitspoelingsparameters bij de dubbelteelt broccoli in 2005**

	1 ^e teelt	2 ^e teelt
N-gift à 100% gebruiksnorm zand 2006 (kg N/ha)	270	195 ¹
Verlaagde N-gift (kg N/ha)	190	115
Effect verlaagde N-gift op:		
• marktbaar opbrengst schermen (ton/ha)	-1,4 (-9%)	-3,4 (-18%)
• kwaliteit	gelijk	gelijk
• financieel saldo (per ha)	-€845	? ²
• N-overschot (kg N/ha)		-149
• Nmin 0-90 cm begin nov (kg N/ha)		-75
• nitraatgehalte (mg NO ₃ /l) volgens:		
○ WOG-methode		-140
○ relatie Sturen op Nitraat		-52
○ Nmin-verlies winter uit de laag 0-90 cm		-159

Noten:

1. Lager dan de gebruiksnorm bemest, vanwege hoge N-mineralisatie uit gewasresten van de 1^e teelt.
2. Door het ontbreken van informatie over het verschil in uitbetalingsprijs tussen de verschillende sorteermaten, kon het effect op de financiële opbrengst niet worden berekend. Indien bij de hoge N-gift vroeger was geoogst en de sorteerverhouding bij beide N-giften gelijk was geweest, zou het opbrengstverschil naar schatting 160 à 280 kg/ha hebben bedragen en de financiële opbrengstderving €55 à €150 per ha.

Tabel 19. **Effect verlaagde gebruiksnorm of N-gift en adviesgift volgens de N-bemestingsrichtlijn ten opzichte van de gebruiksnormgift op de opbrengst, kwaliteit en uitspoelingsparameters bij suikerbiet (2006)**

	2006		2005
	Verlaagde gift	Adviesgift	Adviesgift
N-gift à 100% gebruiksnorm zand 2006 (kg N/ha)	150	150	150
Verlaagde N-gift (kg N/ha) à -20% respectievelijk adviesgift (+25%)	120	190	190
Effect verlaagde N-gift respectievelijk adviesgift op:			
• wortelopbrengst (ton/ha)	-0,7	+1,4	+6,0
• suikergehalte (%; absoluut)	+0,1	-0,2	gelijk
• winbaarheid (indexcijfer)	gelijk	-0,4	-0,1
• financiële opbrengst	-€10	-€10	+€275
• financieel saldo (per ha)	+€15	-€40	€240
• N-overschot (kg N/ha)	-16	+27	+21
• Nmin 0-90 cm begin nov (kg N/ha)	geen	geen	+2
• nitraatgehalte (mg NO ₃ /l) volgens:			
○ WOG-methode / mest-abc	-15	+25	+20
○ relatie Sturen op Nitraat	geen verlaging	-8	+1
○ Nmin-verlies winter uit de laag 0-90 cm	geen duidelijk verschil	geen duidelijk verschil	niet bekend

Het effect van de verlaagde N-gift à 75% van de gebruiksnorm op de aardappelopbrengst verschilde per jaar. In 2005 leidde het tot 8% derving van de knolopbrengst >30mm. In 2006 leidde het juist tot een 6% hogere knolopbrengst >30mm alsook een sterkere verlaging van het N-overschot dan in 2005. Blijkbaar was de N-gift à 100% van de gebruiksnorm toen te hoog geweest. Gemiddeld over de beide jaren leidde de verlaagde N-gift à 75% van de gebruiksnorm niet tot een financiële opbrengstderving.

Het berekende effect van de verlaagde gebruiksnorm in aardappel op de vermindering van nitraatuitspoeling verschilde per jaar en per gevolgde berekeningswijze. Van de drie gevolgde methoden gaf de WOG-methode in beide jaren de hoogste reductie aan in beide jaren. Zowel de WOG-benadering als de benadering op basis van Nmin-verlies winter gaven in 2006 een hogere reductie aan dan in 2005.

Gerelateerd aan de gemeten nitraatgehalten in beide jaren bij NWP van >120 mg NO₃/l, leverde de verlaagde gebruiksnorm volgens de gehanteerde rekenmethoden i.h.a. een beperkte verlaging van het nitraatgehalte op. Enkel in 2006 gaf de WOG-benadering een grotere reductie aan, waardoor de EU-nitraatnorm van 50 mg NO₃/l redelijk dicht zou zijn benaderd.

Ook bij snijmaïs verschilde het effect van de verlaagde N-gift à 70% van de gebruiksnorm op de drogestofopbrengst per jaar. In 2005 gaf de verlaagde N-gift een opbrengstderving van 3% en in 2006 van 19%. Evenals bij aardappel leverde het berekende effect van de verlaagde N-gift op de vermindering van nitraatuitspoeling geen eenduidige opkomst op, maar de verschillen tussen de drie benaderingswijzen waren minder groot dan bij aardappel. De benadering op basis van Nmin-verlies winter gaf in beide jaren de hoogste reductie aan. De WOG-benadering en die van Sturen op Nitraat gaven in 2005 een hogere reductie aan dan in 2006.

Door de N-gift à 70% van de gebruiksnorm volledig toe te dienen via rijenbemesting, trad geen opbrengstderving op en was de reductie in nitraatuitspoeling volgens de WOG-benadering nog groter. Met deze bemestingstrategie werd in 2005 voldaan aan de EU-nitraatnorm, maar in 2006 niet.

In de suikerbieten in 2006 had verlaging van de N-gift naar 80% van de gebruiksnorm geen nadelige gevolgen voor het financieel saldo. Dit was zelfs iets hoger, door de besparing op meststofkosten. Een hogere N-gift à 125% van de gebruiksnorm gaf een iets lager saldo, met name door de hogere meststofkosten.

De lagere N-gift resulteerde in een wat lager stikstofoverschot en de hogere N-gift in een hoger overschot (bij achterlaten van de gewasresten). Bij bemesting volgens de gebruiksnorm werd in de winterperiode op het betreffende perceel een gemiddeld nitraatgehalte gemeten onder de norm van 50 mg. Bij 80% van de gebruiksnorm zou het gehalte volgens de WOG-benadering nog verder onder de norm zijn gebleven en bij 125% van de gebruiksnorm er licht boven.

Op basis van de N_{min} begin november en de Sturen-op-Nitraat-relatie kwam niet tot uiting dat bemesting à 125% van de gebruiksnorm tot een hoger nitraatverlies leidde. Ook uit de N_{min}-metingen in de winterperiode en de berekende N-mineralisatie uit de gewasresten kwam niet naar voren dat de hogere N-bemesting tot meer nitraatuitspoeling leidde en de lagere N-bemesting tot minder. Echter, in een situatie met lage N_{min} na oogst en veel stikstof in achterblijvende gewasresten, is de Sturen-op-Nitraat-relatie waarschijnlijk niet bruikbaar, omdat de methode niets zegt over de stikstof die na de N_{min}-meting vrijkomt in de winterperiode uit de gewasresten en kan uitspoelen. Bij de uitvoering van meerdere N_{min}-metingen in de winterperiode wordt een indruk verkregen van de veranderingen in N_{min} die plaatsvinden in de bodem, maar ook hierbij is het lastig om goed te kunnen bepalen hoeveel stikstof er uitspoelt. Aan dit eenjarig resultaat in biet mogen geen conclusies worden verbonden. De vergelijking die in 2005 binnen NWP werd uitgevoerd in suikerbiet liet een heel ander beeld zien: een hogere (financiële opbrengst bij bemesting à 125% van de gebruiksnorm ten opzichte van 95% van de norm. De verhoging van het nitraatgehalte volgens de WOG-benadering bij de hoge N-gift was iets minder groot dan in 2006.

Bij winterprei kon in 2005 het effect van de verlaagde gebruiksnorm (75% GN) op de opbrengst niet duidelijk worden vastgesteld. De opbrengstdaling varieerde van 3-18% marktbaar product. Het is niet duidelijk of de verdeling van de N-gift hierbij een rol speelde of veldvariatie (toeval). De kwaliteit van de prei was bij de verlaagde gebruiksnorm hoger en daardoor ook de opbrengst in de klasse I, waarvoor de hoogste prijs wordt verkregen.

Het effect op de reductie in nitraatuitspoeling kon evenmin helder worden vastgesteld. Op grond van de WOG-benadering leidde de verlaagde gebruiksnorm tot een N-overschot variërend van plus 7 tot min 44 kg N/ha. Het gemiddelde hiervan is in deze situatie wellicht de beste schatter en zou een reductie van 19 mg NO₃/l inhouden.

Aangezien de prei veel minder profijt heeft gehad van de stikstof uit het erwtenloof dan vooraf was verondersteld (zie paragraaf 3.2), zijn de N-giften achteraf gezien te laag geweest. De N_{min}-voorraad na de erwenteelt was 30 kg N/ha lager dan de forfaitaire waarde van 55 kg N/ha die is gehanteerd voor de vaststelling van de gebruiksnorm. Waarschijnlijk heeft de N-werking uit het erwtenloof slechts ca. 25 kg N/ha bedragen (paragraaf 3.2) i.p.v. de 80 kg N/ha die vooraf was ingerekend. Het netto-voordeel van de voorvrucht erwt zou dan -5 kg N/ha hebben bedragen i.p.v. +50 kg N/ha waar in eerste instantie vanuit is gegaan.

Indien hogere N-giften waren toegediend, namelijk 245 à 250 en 185 à 190 kg N/ha, zou de vergelijking waarschijnlijk een ander resultaat hebben gegeven. Aan de vergelijking van de toegediende, te lage N-giften in 2005 kunnen geen conclusies worden getrokken over het effect van verlaging van de gebruiksnorm. Achteraf gezien was de keuze om de vergelijking aan te leggen in NWP na voorvrucht erwt ongelukkig. In 2006 was het wel mogelijk om het effect van verlaging van de gebruiksnorm na te gaan. Omdat een proef met meerdere N-trappen was aangelegd, kon een modelmatige N-response worden afgeleid en kon op basis van het model het effect worden nagegaan bij gecorrigeerde N-giften. Er moet hierbij echter de kanttekening worden geplaatst dat het gemeten opbrengstverloop uitgezet tegen de N-trappen een nogal merkwaardig patroon liet zien (zie figuur 5).

Het was in de prei niet mogelijk om het effect van de verlaagde N-giften op de nitraatuitspoeling te bepalen aan de hand van de N_{min}-metingen, omdat het gewas gedurende een deel van de winterperioden nog op het veld stond. De N_{min} begin november kon niet tot 90 cm diepte worden gemeten en bovendien mag niet worden uitgesloten dat het gewas in de zachte wintermaanden in beide jaren nog enige stikstof opnam. Tot slot bleek in beide jaren de stikstoflevering uit de bodem laag tot zeer laag te zijn, gelet op de N-opname bij het nulobject (ca. 70 kg N/ha in 2005 en ca. 50 kg N/ha in 2006; zie paragraaf 3.2). In eerdere bemestingsonderzoeken in prei werd zonder N-bemesting een gemiddelde N-opname gevonden van 110 kg N/ha met een range van 52 tot 160 kg N/ha (Dekker & Van Dijk, 2005: p. 88). Het gevonden resultaat uit het onderzoek is derhalve niet representatief voor percelen die veel stikstof leveren.

Al met al lenen de resultaten van prei zich er niet voor om een betrouwbare uitspraak te doen over het financieel-economisch en milieukundig effect van de verlaagde gebruiksnorm.

In 2006 is een onderzoek gestart om tot een betere onderbouwing van de stikstofbehoefte van prei te komen. Daartoe worden gedurende twee jaar op twee locaties N-trappenproeven aangelegd in verschillende teeltperioden van prei. De resultaten van deze proeven zullen ook goed bruikbaar zijn om het financieel-economisch effect van verlaging van de gebruiksnorm na te gaan.

In broccoli werden bij de N-bemesting van NWP (het lage N-niveau in de vergelijking in beide teelten) al hoge schermopbrengsten behaald, maar niettemin bleek dat verhoging van de N-gift tot nog hogere opbrengsten leidde. In de 1^e teelt broccoli was de opbrengst bij de lage N-gift à 70% GN 9% lager dan bij 100% GN. In de 2^e teelt kwamen de N-giften overeen met ca. 75% en ca. 45% van de gebruiksnorm. De lage N-gift gaf een 18% lagere opbrengst, maar wel een gunstigere sortering (meer schermen van 14-18 cm, die het beste worden uitbetaald). Bij de hoge N-gift had vanwege de sortering iets eerder moeten worden geoogst, waardoor het fysieke opbrengstverschil kleiner zou zijn geweest. Bij bemesting volgens 70% en 100% van de gebruiksnorm in de 2^e teelt, was er vermoedelijk niet of nauwelijks opbrengstverschil geweest door de extra stikstofmineralisatie uit de gewasresten van de 1^e teelt.

De verlaagde N-gift in de beide opeenvolgende teelten leidde tot een forse reductie van de nitraatuitspoeling volgens de WOG-benadering en op basis van de Nmin-metingen: respectievelijk 140 mg NO₃/l en 159 mg NO₃/l. Volgens de relatie van Sturen op Nitraat was de reductie echter kleiner: 52 mg NO₃/l.

De proefresultaten duiden erop dat tijdens de teelt een deel van de toegediende stikstof microbiel is vastgelegd in het bodemleven en dat die stikstof in de herfst weer vrij snel vrijkwam en vervolgens uitspoelde. De sterke stijging van Nmin in de bodem bij de hoge N-bemesting na de oogst van de 2^e teelt, was daarom waarschijnlijk geen gevolg van een hogere mineralisatie uit gewasresten van de 1^e teelt (die van de 2^e teelt waren afgevoerd), maar van het hogere N-overschot.

Vastlegging van stikstof in de bodem en op een later tijdstip weer vrijkomen ervan kan ook in andere teelten (zijn) opgetreden. Het zijn processen in de bodem die niet of nauwelijks zijn te voorspellen maar die wel tot meer of minder uitspoeling kunnen leiden, afhankelijk van wanneer de stikstof vrijkomt (voor of na de winter). Een Nmin-meting is in deze slechts een momentopname die enkel aangeeft hoeveel minerale stikstof zich op dat moment in de bodem bevindt, maar die niets zegt over de minerale stikstof die er daarna nog bij kan komen. Echter ook het berekend N-overschot geeft geen informatie over welk deel van dat overschot in minerale vorm aanwezig is en beschikbaar is voor uitspoeling en wel deel is gebonden in gewasresten, ander organisch materiaal of in het bodemleven. Zoals in hoofdstuk 2 al is aangegeven is de hantering van het N-overschot volgens de WOG-benadering bedoeld om het effect op lange termijn in een evenwichtssituatie te voorspellen. In individuele gevallen kan het afwijken van de werkelijkheid. Zo heeft elk van de methoden zijn beperkingen. Op basis van dit tweejarig onderzoek is niet aan te geven welke methode het beste voldoet.

Hoeveel stikstof een gewas nodig heeft voor een optimale opbrengst en kwaliteit, is erg afhankelijk van de groeiomstandigheden (met name perceels- en weersinvloed) en kan per situatie nogal verschillen. Daardoor heeft een verlaagde N-gift de ene keer geen of weinig effect op de financiële opbrengst en de andere keer veel. Ook te Vredepeel kwam dit naar voren in aardappelen, maïs en bieten. Naarmate de verlaagde gebruiksnorm verder onder de optimale N-gift ligt, zal de (financiële) opbrengstderving groter zijn.

Verder verschilde het (berekende) effect van de verlaagde N-gift op de reductie van het nitraatgehalte per proefjaar en daarnaast per gevolgde rekenmethode. De Sturen-op-Nitraat-relatie leverde meestal lagere reducties op dan de WOG-benadering of de benadering op basis van Nmin-verlies winter.

Uit vergelijking van de beide proefjaren is bij de WOG-benadering in aardappel, maïs en prei een tendens waarneembaar dat een sterkere opbrengstderving bij verlaagde N-gift gepaard gaat met een geringere reductie van het N-overschot c.q. de nitraatuitspoeling en een zwakke of geen opbrengstderving met een sterkere reductie van het N-overschot c.q. de nitraatuitspoeling. De benadering op basis van Nmin-verlies winter gaf deze tendens ook aan bij aardappel maar niet bij maïs. Bij prei is het niet vastgesteld. De Sturen-op-Nitraat-relatie gaf niet deze tendens aan.

De werkelijk gemeten nitraatconcentraties op de percelen van NWP bleken bij hetzelfde gewas met een min of meer zelfde stikstofinput in beide proefjaren nogal te verschillen, met name bij maïs en bieten. In maïs was het nitraatgehalte in 2006 hoger dan in 2005 en in bieten was dat net andersom. Er kon geen duidelijk jaareffect worden uitgehaald. Vermoedelijk speelt de perceelsinvloed een rol. Dit maakt het moeilijk om het effect van de verlaagde gebruiksnormen op de (berekende) verlaging van het nitraatgehalte goed te waarderen: een reductie van bijvoorbeeld 25 mg NO₃/l is bij een nitraatgehalte van 150 mg/l relatief klein en bij een nitraatgehalte van 60 mg/l relatief groot.

Dat het effect van verlaagde gebruiksnormen op de opbrengst en het nitraatgehalte verschilt tussen percelen (of telers) alsook dat het niveau van het nitraatgehalte verschilt, werd in 2006 ook gevonden in een praktijktoets met aardappel op zandgrond. Zie het informatieblad “Effecten van gereduceerd bemesten in consumptie-aardappel op drie praktijkpercelen”, dat achterin dit verslag is opgenomen.

Om voldoende betrouwbaar te kunnen vaststellen wat gemiddeld genomen het effect van verlaging van de gebruiksnorm is op de financiële opbrengst en op de reductie van het nitraatgehalte in het grondwater, moeten meer onderzoeksgegevens worden verzameld van meerdere locaties/percelen en meerdere jaren. De resultaten van dit tweejarig onderzoek op Vredepeel zullen tesamen met andere onderzoeksresultaten omtrent verlaging van de gebruiksnormen moeten worden beoordeeld.

3 Afvoeren van gewasresten

3.1 Afvoer van suikerbietengewasresten

3.1.1 Opzet en uitvoering

Bij het gewas suikerbiet is het effect van het afvoeren van de gewasresten (loof met kop) op het stikstofverlies in de winterperiode onderzocht. De proef is in 2005 aangelegd op perceel 16.1b van NWP (zie bijlage 1) en in 2006 op perceel 28.1b (zie bijlage 2).

Op perceel 16.1b is in 2005 voor zaai 27 ton/ha varkensdrijfmest toegediend à 145 kg werkzame N per ha en na opkomst 43 kg N/ha als KAS. Op perceel 28.1b is in 2006 enkel voor zaai 22 ton/ha varkensdrijfmest toegediend à 150 kg werkzame N per ha. Er is gerekend met een stikstofwerking van ruim 80% in beide jaren, op basis van de gemeten samenstelling van de mest.

In beide jaren zijn op het perceel in het najaar de volgende objecten aangelegd:

- vroege oogst (half september) van de bieten + afvoer van het loof + inzaai groenbemester (01 L0)
- vroege oogst van de bieten + achterlaten dubbele hoeveelheid loof + inzaai groenbemester (01 L2)
- late oogst (eind oktober) van de bieten + afvoer van het loof (02 L0)
- late oogst van de bieten + achterlaten dubbele hoeveelheid loof (02 L2)

De vroege oogst was op 15 september in 2005 en 18 september in 2006. De late oogst was op 25 oktober 2005 en 19 oktober 2006.

Er is gekozen voor afvoeren loof versus een dubbele hoeveelheid loof achterlaten om het contrast tussen wel of niet afvoeren van het loof te versterken. Bij de objecten met afvoer van het loof (L0) is het loof direct na oogst (op dezelfde dag) opgeladen en vervolgens op de plots met dubbele hoeveelheid loof (L2) verspreid. Het loof is meteen daarna in de grond gewerkt. Het was niet mogelijk om het bietenloof volledig af te voeren, maar het is naar schatting wel voor ruim 90% afgevoerd.

Voor de twee verschillende oogsttijdstippen is het perceel in twee helften gedeeld (twee stroken van 9 m breed). Binnen elke strook is op twee plaatsen het loof afgevoerd en is op twee plaatsen een dubbele hoeveelheid loof achtergelaten. In schema:

01 L0	01 L2	01 L0	01 L2
02 L0	02 L2	02 L0	02 L2

In 2005 mislukte de zaai van de groenbemester na de vroege oogst door een defect aan de zaai-apparaat. De groenbemester is daarna op 1 november gezaaid. De groenbemester heeft naar schatting (op basis van gewaslengte) ≤ 15 kg N/ha opgenomen.

In 2006 is de groenbemester op 22 september gezaaid, twee dagen na de vroege oogst en heeft naar schatting ca. 15 kg N/ha opgenomen.

Bij de oogst van de bieten is de N-inhoud van het loof bepaald. Hiertoe is per object op 4 plaatsen het loof van 2 m² gewogen en zijn het d.s.- en N-gehalte bepaald (door Blgg, in mengmonsters per object). Direct na de vroege oogst van de bieten is in 2005 op 19 september de Nmin-voorraad in de laag 0-90 gemeten en vervolgens op 8 november, 14 december, 7 februari en 7 maart bij alle objecten. In 2006 was dat op 26 september, 6 november, 18 december, 14 februari en 15 maart.

Verder is per periode de mineralisatie uit de gewasresten geschat met behulp van het model Minip (Janssen, 1996). Hierbij is uitgegaan van de gemeten N-inhoud van het loof en een aanname voor de N-inhoud van de achtergebleven oogstresten en wortels van de bieten en van de actuele temperatuursgegevens te Vredepeel. De C/N-verhouding van de gewasresten is gebaseerd op het gemeten N-gehalte in de droge stof, het gemeten ruw as-/organischestofgehalte, een aanname van 45% C in de o.s. en een

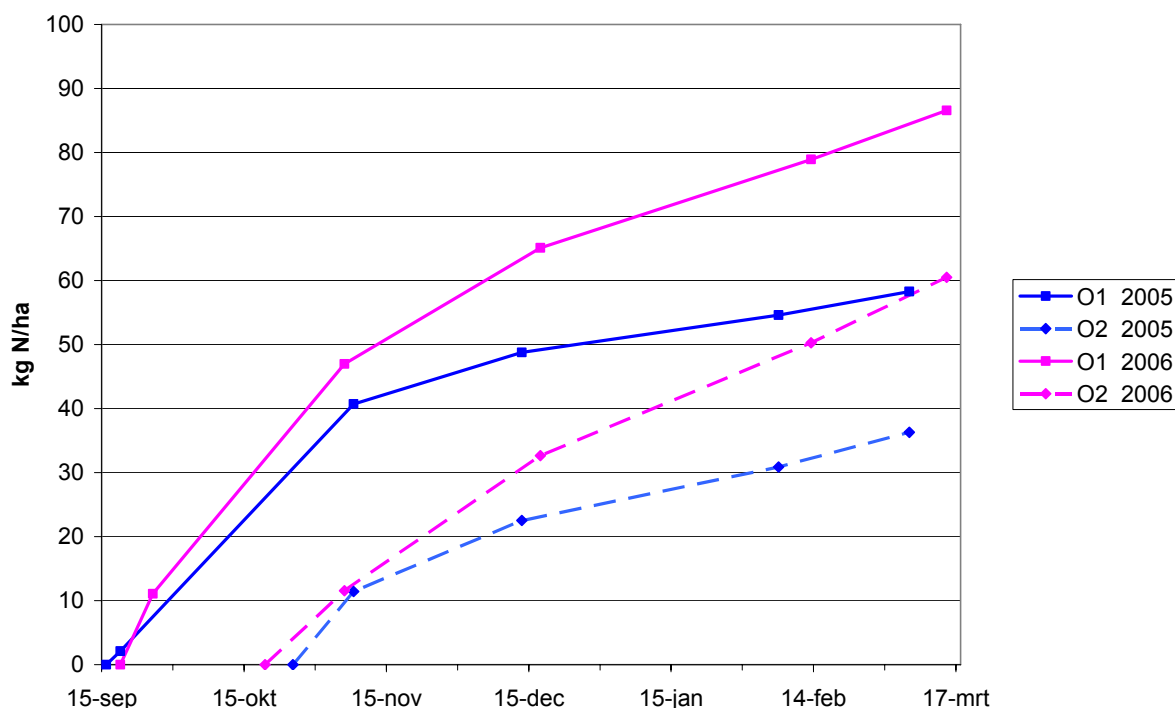
aanname van 1% N in de droge stof van de wortelresten. De berekende totale N-inhoud en C/N-verhouding van de gewasresten is weergegeven in tabel 20.

3.1.2 Resultaten

De gemeten N-inhoud van loof+kop, de berekende inhoud en C/N-verhouding van de totale gewasresten (incl. achtergebleven wortels) is weergegeven in tabel 20. Ook zijn deze gegevens weergegeven voor de plots met loofafvoer en en dubbele hoeveelheid loof (uitgaande van 90% afvoer van het loof). De geschatte mineralisatie met behulp van Minip bij de objecten met dubbele hoeveelheid loof is weergegeven in figuur 9. Bij de objecten met afvoer loof was de geschatte mineralisatie nihil (≤ 1 kg N/ha in 2005 en ≤ 6 kg N/ha in 2006). Het Nmin-verloop in de bodem is weergegeven in de figuren 10 en 11.

Tabel 20. **Gemeten N-inhoud kop+loof en berekende N-inhoud (kg N/ha) en C/N-verhouding van de totale gewasresten alsook van de objecten met dubbele hoeveelheid loof**

	N-inhoud loof+kop	Totale N-inhoud gewas- resten	C/N totale gewas- resten	Dubbel loof		Loofafvoer	
				kg N/ha	C/N	kg N/ha	C/N
vroege oogst (O1) 2005	80	87	21	159	20	15	34
late oogst (O2) 2005	92	99	22	182	21	16	34
vroege oogst (O1) 2006	84	95	18	170	18	20	25
late oogst (O2) 2006	85	96	22	172	22	20	27



Figuur 9. **Geschatte mineralisatie in 2005 en 2006 met behulp van Minip bij achterlaten van de dubbele hoeveelheid loof na oogst half september (O1) en oogst eind oktober (O2)**

Nmin-verloop en nitraatuitspoeling 2005

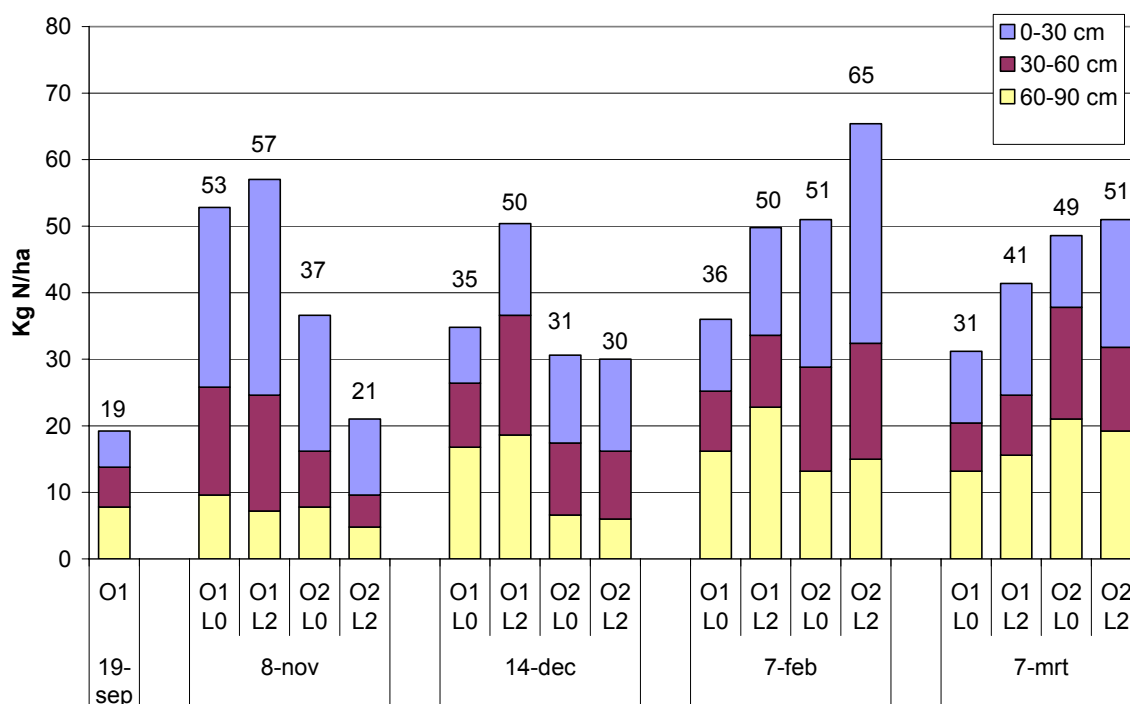
Na de vroege oogst van 2005 nam de Nmin-voorraad in de lagen 0-30 cm en 30-60 cm bij L0 en L2 tussen 19 september en 8 november min of meer even sterk toe (figuur 10). Dit stemt niet overeen met de voorspelling m.b.v. Minip. Het lijkt erop dat bij L2 geen extra minerale stikstof in de bodem kwam of dat ook bij afvoer van het loof nog eens sterke mineralisatie optrad. Waarom is onduidelijk.

De toename in de laag 30-60 cm duidt op neerwaartse verplaatsing van stikstof. Er was in die periode een klein neerslagoverschot (bijlage 13). De Nmin-voorraad in de laag 60-90 cm bleef vrijwel onveranderd. Vermoedelijk spoelde er in deze periode nog geen stikstof tot beneden 90 cm uit.

Tussen 8 november en 14 december nam de Nmin-voorraad bij O1 L0 sterker af dan bij O1 L2, wat erop duidt dat er bij L2 meer stikstof mineraliseerde. Tussen 14 december en 7 februari bleef de Nmin-voorraad bij beide objecten gelijk. Aangezien er in die periode een neerslagoverschot was (bijlage 13) en er stikstof zal zijn uitgespoeld, zijn het N-verlies en de N-aanvoer via mineralisatie en depositie wellicht gelijk aan elkaar geweest. Tussen 7 februari en 7 maart nam de Nmin-voorraad bij beide objecten af. Opmerkelijk is dat tussen 14 december en 7 maart de veranderingen van Nmin in de bodem niet tot weinig verschillen tussen O1 L0 en O1 L2.

Na de late oogst was de Nmin-voorraad op 8 november bij L0 hoger dan bij L2. Hier is geen verklaring voor. Waarschijnlijk berust het verschil op veldvariatie. Op 14 december was de Nmin-voorraad bij beide objecten gelijk.

Tussen 14 december en 7 februari nam de Nmin-voorraad bij beide objecten toe. De geschatte mineralisatie m.b.v. Minip bij L2 was echter klein (figuur 9.) Voor de toename bij O2 L0 is sowieso geen verklaring. Tussen 7 februari en 7 maart nam de Nmin-voorraad bij O2 L0 nauwelijks af en bij O2 L2 met 14 kg N/ha af.



Figuur 10. Nmin-verloop in de laag 0-90 cm in het najaar en de winter na vroege (O1) en late oogst (O2) van suikerbieten met afvoer van het loof (L0) en achterlaten van een dubbele hoeveelheid loof (L2). De cijfers bovenop de staven geven de totale Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm aan.

Het gemeten Nmin-verloop in de bodem geeft geen duidelijke aanwijzingen dat achterlaten van een dubbele hoeveelheid bietenloof de Nmin in de bodem sterk verhoogde. Het verschil tussen geen en een dubbele hoeveelheid bietenloof is hierna geschat aan de hand van de gemeten Nmin-voorraden en de m.b.v. Minip geschatte mineralisatie in de winterperiode (hoewel niet zeker is dat het m.b.v. Minip geconstrueerde mineralisatiepatroon overeenstemt met de werkelijkheid).

	01 L0	01 L2	02 L0	02 L2
Nmin 0-90 cm 8 nov	53	57	37	21
Mineralisatie bietenloof 8 nov – 14 dec	0	8	0	11
Nmin 0-90 cm 14 dec	<u>35</u>	<u>50</u>	<u>31</u>	<u>30</u>
Verlies	18	15	6	2
Nmin 0-90 cm 14 dec	35	50	31	30
Mineralisatie bietenloof 14 dec – 7 feb	0	6	0	8
Nmin 0-90 cm 7 feb	<u>36</u>	<u>50</u>	<u>51</u>	<u>65</u>
Verlies	-1	6	-20	-27
Nmin 0-90 cm 7 feb	36	50	51	65
Mineralisatie bietenloof 7 feb – 7 mrt	0	4	0	5
Nmin 0-90 cm 7 mrt	<u>31</u>	<u>41</u>	<u>49</u>	<u>51</u>
Verlies	5	13	2	19
Nmin 0-90 cm 8 nov	53	57	37	21
Mineralisatie bietenloof 8 nov – 7 mrt	1	18	0	25
Nmin 0-90 cm 7 mrt	<u>31</u>	<u>41</u>	<u>49</u>	<u>51</u>
Verlies	23	34	-12	-5
Nmin 0-90 cm 14 dec	35	50	31	30
Mineralisatie bietenloof 14 dec – 7 mrt	1	9	0	14
Nmin 0-90 cm 7 mrt	<u>31</u>	<u>41</u>	<u>49</u>	<u>51</u>
Verlies	5	18	-18	-7

Per afzonderlijk meetinterval waren de resultaten grillig. Over de gehele periode 8 nov–7 mrt zou het N-verlies bij L2 t.o.v. L0 11 kg N/ha hoger zijn geweest bij de vroege oogst (O1) en 7 kg N/ha bij de late oogst (O2). Bij het neerslagoverschot van 164 mm (bijlage 13) komt dat overeen met een verschil in nitraatgehalte van 30 mg respectievelijk 19 mg NO₃ per l.

Op basis van de periode 14 dec–7 mrt zou het N-verlies bij L2 t.o.v. L0 13 kg N/ha hoger zijn geweest bij de vroege oogst (O1) en 11 kg N/ha bij de late oogst (O2). Bij het neerslagoverschot van 122 mm in die periode komt dat overeen met een verschil in nitraatgehalte van 47 mg respectievelijk 40 mg NO₃ per l. Voor het verwijderen van een enkele hoeveelheid loof zal de reductie in nitraatuitspoeling ruwweg de helft bedragen c.q. gemiddeld genomen 19 mg NO₃ per l bij de vroege oogst en 15 mg NO₃ per l bij de late oogst. N.B.: in bovenstaande benadering is een verschil in stikstofverlies volledig als uitspoelingsverlies beschouwd, terwijl in werkelijkheid ook een deel verloren kan gaan door denitrificatie.

Verder lijken de verschillen aan te geven dat het N-verlies bij de late oogst 37 kg N/ha lager was dan bij de vroege oogst, overeenkomend met een verschil van 100 mg NO₃ per l. Het verschil tussen vroeg of laat oogsten leek daarmee veel groter dan het effect van loof afvoeren.

Op het naastgelegen perceel 16.1a is 43 kg N/ha minder bemest, is laat geoogst (25 oktober) en is geen bietenblad afgevoerd. Hier werd eind november – begin december een nitraatgehalte gemeten van gemiddeld 109 mg NO₃ per l. Daarna daalde dit tot gemiddeld 81 mg NO₃ per l in januari en steeg daarna weer geleidelijk tot 127 mg NO₃ per l eind maart.

Nmin-verloop en nitraatuitspoeling 2006

Na de vroege oogst van 2006 nam de Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm tussen 26 september en 6 november sterk toe bij L2 en nauwelijks toe bij L0 (figuur 11), in tegenstelling tot in 2005. De toename bij L2 is te verklaren uit de verwachte mineralisatie (figuur 9). De Nmin in de lagen 30-60 en 60-90 nam in die periode ook toe, wat aangeeft dat er neerwaartse verplaatsing was van stikstof, als gevolg van een neerslagoverschot in die periode (bijlage 13).

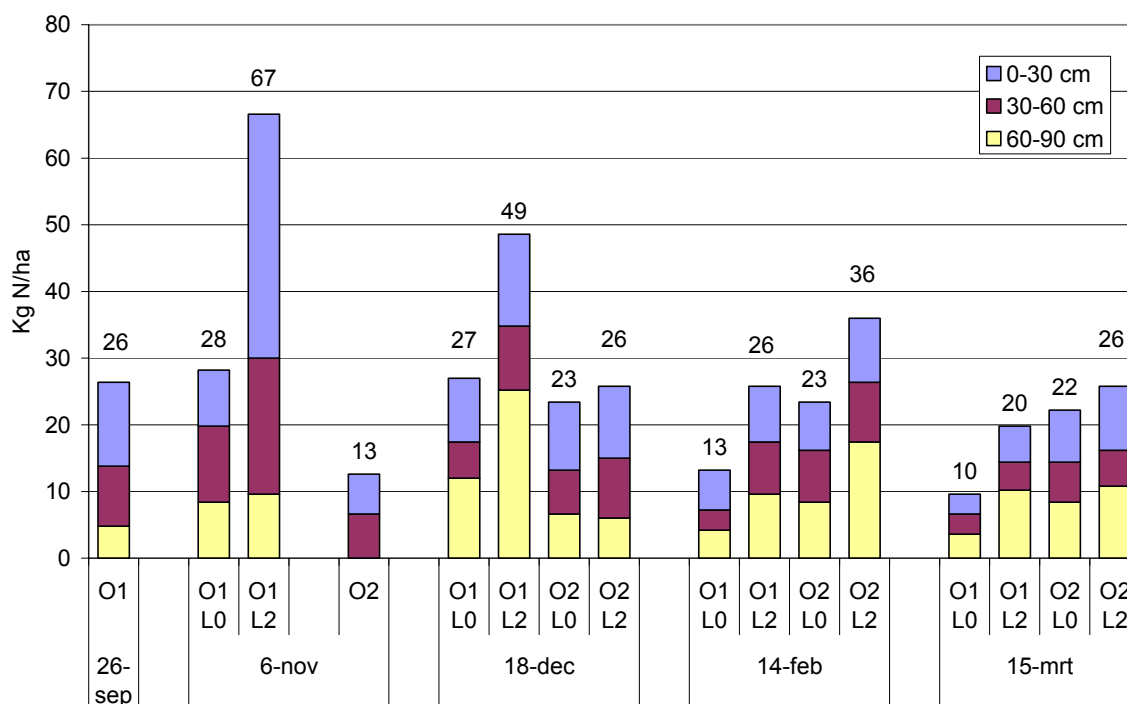
Tussen 6 november en 18 december nam de Nmin-voorraad bij O1 L2 af, maar bij O1 L0 niet. Een

verklaring hiervoor ontbreekt. De Nmin in de laag 60-90 cm nam relatief sterk toe. Het neerslagoverschot was hoog in die periode (bijlage 13).

Tussen 18 december en 14 februari nam de Nmin-voorraad bij beide objecten af, alsook tussen 14 februari en 15 maart. De Nmin bleef bij O1 L2 hoger dan bij O1 L0.

Na de late oogst nam de Nmin-voorraad tussen 6 november en 18 december bij L0 en L2 in bijna gelijke mate toe, wat op grond van de mineralisatievoorspelling m.b.v. Minip niet werd verwacht. Dat bij O2 L0 de Nmin-voorraad toenam, terwijl in die periode waarschijnlijk ook sprake was van uitspoeling tot beneden 90 cm, duidt erop dat ook bij afvoer van het loof nog een sterke mineralisatie optrad. Waarom is niet duidelijk.

Tussen 18 december en 14 februari werd het verschil in Nmin tussen O1 L0 en O2 L2 groter. Tussen 14 februari en 15 maart nivelleerde het.



Figuur 11. Nmin-verloop in de laag 0-90 cm in het najaar en de winter na vroege (O1) en late oogst (O2) van suikerbieten met afvoer van het loof (L0) en achterlaten van een dubbele hoeveelheid loof (L2).

De cijfers bovenop de staven geven de totale Nmin-voorraad in de laag 0-90 cm aan.

Het gemeten Nmin-verloop in de bodem geeft een indicatie dat er bij de dubbele loofhoeveelheid meer stikstof mineraliseerde en er meer stikstofverlies optrad. Het verschil tussen geen en dubbele hoeveelheid bietenloof is hierna geschat aan de hand van de gemeten Nmin-voorraden vóór en na de winter en de m.b.v. Minip geschatte mineralisatie in de winterperiode.

	01 L0	01 L2	02 L0	02 L2
Nmin 0-90 cm 6 nov	28	67	13	13
Mineralisatie bietenloof 6 nov – 18 dec	2	18	1	21
Nmin 0-90 cm 18 dec	<u>27</u>	<u>49</u>	<u>23</u>	<u>26</u>
Verlies	3	36	-9	8
Nmin 0-90 cm 18 dec	27	49	23	26
Mineralisatie bietenloof 18 dec – 14 feb	1	14	1	18
Nmin 0-90 cm 14 feb	<u>13</u>	<u>26</u>	<u>23</u>	<u>36</u>
Verlies	15	37	1	8
Nmin 0-90 cm 14 feb	13	26	23	36
Mineralisatie bietenloof 14 feb – 15 mrt	1	8	1	10
Nmin 0-90 cm 15 mrt	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>22</u>	<u>26</u>
Verlies	4	14	2	20
Nmin 0-90 cm 6 nov	28	67	13	13
Mineralisatie bietenloof 6 nov – 15 mrt	4	40	4	49
Nmin 0-90 cm 15 mrt	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>22</u>	<u>26</u>
Verlies	22	87	-5	36

In elk van de afzonderlijke meetintervallen kwam naar voren dat het stikstofverlies bij L2 hoger was dan bij L0 en dat het verlies bij de vroege oogst hoger was dan bij de late oogst. Over de gehele periode tussen 6 november en 15 maart was het verlies bij L2 65 kg N/ha hoger dan bij L0 bij de vroege oogst en 41 kg N/ha bij de late oogst. Bij het neerslagoverschot van 358 mm (bijlage 13) komt dat overeen met een verschil in nitraatgehalte van 80 mg respectievelijk 51 mg NO₃ per l. Als voor het verwijderen van een enkele hoeveelheid loof wordt aangenomen dat de reductie in nitraatuitspoeling ruwweg de helft bedraagt, is dat 40 mg respectievelijk 26 mg NO₃ per l. Evenals in 2005 was het N-verlies bij de late oogst lager dan bij de vroege oogst: 39 kg N/ha, wat overeenkomt met een reductie van 48 mg NO₃ per l.

Op het naastgelegen percelen 28.1a en 28.2a, waar laat is geoogst (19 oktober), geen bietenblad is afgevoerd en de gift aan werkzame stikstof gelijk was (28.2a) tot iets hoger (28.1a), schommelde het nitraatgehalte in december-januari gemiddeld over de beide percelen tussen de 40 en 50 mg NO₃ per l. Daarna steeg het naar zo'n 60 mg NO₃ per l half februari en bleef op dat niveau half maart.

3.1.3 Discussie

Het verwijderen of achterlaten van een dubbele hoeveelheid bietenloof leverde in 2005 een onverwacht verloop van de Nmin-voorraad in de bodem op in het najaar en de winter. Bij achterlaten van de dubbele hoeveelheid loof leek slechts weinig extra stikstof te mineraliseren ten opzichte van verwijdering van het loof. Er leek echter wel nog een relatief flinke hoeveelheid stikstof te mineraliseren uit andere bronnen dan het bietenloof, ook op de plots met afvoer van bietenloof. Ook in 2006 deed dit verschijnsel zich voor. Maar over het geheel kwam het Nmin-verloop in 2006 beter overeen met de verwachting dat er bij achterlaten van een dubbele hoeveelheid loof meer stikstofmineralisatie en N-verlies zou optreden dan bij verwijderen van het loof.

De hoeveelheid stikstof die achterblijft in oogst- en wortelresten van de bieten is gering. Weliswaar is het praktisch niet mogelijk om het bietenloof volledig af te voeren, maar het is naar schatting wel voor ruim 90% afgevoerd. De toename van de Nmin-voorraad bij afvoer van het loof valt dan niet te verklaren uit mineralisatie van gewasresten. Mogelijk is er sprake geweest van microbiële vastlegging tijdens de teelt van toegediende stikstof, welke pas in de herfst en winter weer vrijkwam.

Het verschil in N-uitspoeling tussen de objecten te Vredepeel kon niet goed direct uit de Nmin-metingen worden afgeleid. Aan de hand van een meer modelmatigere benadering is de reductie van het stikstofverlies door afvoeren van het bietenloof in 2005 geschat op ca. 5 kg N/ha, met nauwelijks verschil tussen de

vroege of late oogst. De reductie van de nitraatuitspoeling in 2005 is geschat op gemiddeld 17 mg NO₃ per l. Gerelateerd aan het absolute niveau van 127 mg NO₃ per l dat eind maart is gemeten, is die reductie gering.

In 2006 was het effect van loof afvoeren groter dan in 2005 en was er ook een verschil tussen de vroege en late oogst. De winter was veel natter en de Nmin-waarden in februari en maart waren lager. De reductie in stikstofverlies door afvoeren van het bietenloof in 2006 is geschat op ca. 33 kg N/ha bij de vroege oogst en ca. 21 kg N/ha bij de late oogst. De reductie in nitraatuitspoeling in 2006 is geschat op 40 mg NO₃ per l bij de vroege oogst en 26 mg NO₃ per l bij de late oogst. Gerelateerd aan het absolute niveau van gemiddeld 60 mg NO₃ per l dat eind maart op de naastgelegen percelen is gemeten, zou door afvoeren van het loof aan de EU-norm van 50 mg NO₃/l zijn voldaan.

De gevonden resultaten in 2005 en 2006 te Vredepeel sluiten aan bij die van Mitchel et al. (2001; in: De Ruijter & Smit, 2007). Die vonden dat wel of niet afvoeren van gewasresten maar een gering effect had op de stikstofuitspoeling. Het verschil was weliswaar het grootst bij gewassen die veel stikstof nalaten in de gewasresten, maar zelfs voor suikerbiet bedroeg het verschil slechts 12 kg N/ga in het ene jaar en 9 kg N/ha in het andere.

De Ruijter & Smit (2007) vonden in de literatuur dat de stikstofverliezen naar het grondwater uit de gewasresten van suikerbieten relatief klein zijn: 10-20% van de N-inhoud (10-20 kg N/ha bij een N-inhoud van 100 kg N/ha). Gemiddeld over de beide jaren en de twee oogstmomenten te Vredepeel bedroeg de vermindering van het stikstofverlies door afvoeren van het loof 16 kg N/ha.

De resultaten in de beide jaren te Vredepeel duiden er verder op dat het N-verlies bij late oogst lager was dan bij de vroege oogst. Gemiddeld over de beide jaren bedroeg dit verschil 38 kg N/ha (37 kg N/ha in 2005 en 39 kg N/ha in 2006). Laat oogsten draagt derhalve waarschijnlijk meer bij aan de vermindering van stikstofverlies dan vroeg oogsten plus loof afvoeren plus een groenbemester zaaien.

De gevonden resultaten in bieten m.b.t. het Nmin-verloop in de bodem in de herfst- en winterperiode vragen om een voortgezet en diepgaander onderzoek naar de stikstofhuishouding in de bodem tijdens de teelt en na de oogst van de bieten.

3.2 Mineralisatie uit gewasresten erwten

3.2.1 Doelstelling en werkwijze

Gewasresten van doperwten kunnen, evenals die van suikerbieten, een grote hoeveelheid stikstof achterlaten. Omdat na erwten meestal nog een volggewas in hetzelfde jaar volgt, is het zinvol om hier “op voorhand” rekening mee te houden. Immers, de meeste gewasresten mineraliseren vrij snel, maar op het moment dat de bemesting van het volggewas bepaald wordt, zal dit nog niet in een bodem-Nmin zichtbaar zijn. Als geen of onvoldoende rekening gehouden wordt met de mineralisatie uit deze gewasresten, is een te hoge bemesting het gevolg. Naast een negatief effect op de grondwaterkwaliteit wordt ook een mogelijkheid niet benut om werkzame stikstof (uit het gebruiksnormenquotum) te besparen.

Binnen Nutriënten Waterproof is in 2005 en 2006 onderzoek gedaan naar de stikstofwerking uit de gewasresten van doperwten in het volggewas prei. In de praktijk bestaat de ervaring dat de stikstof uit de erwtenresten slecht benut wordt door een volggewas.

Na de teelt van de erwten zijn in 2005 in het volggewas prei twee braakveldjes aangelegd, op perceel 26.2b in 2005 (zie bijlage 1). Op deze braakveldjes werden de gewasresten van de erwt wel en niet afgevoerd (zie bijlagen 7 en 8). De gewasresten zijn daartoe handmatig verzameld na de machinale oogst. De braakveldjes zijn niet met stikstof bemest. Daarnaast zijn ook twee onbemeste veldjes aangelegd, met en zonder afvoer van het erwtenloof, waar wel prei op is geteeld.

In 2006 is de proef herhaald op perceel 17.2b (zie bijlage 2), maar dan zonder braakveldjes (enkel nulveldjes prei, met en zonder afvoer van het erwtenloof).

De loofmassa van de erwten in 2005 bedroeg 4,75 ton droge stof per ha met een N-gehalte van 2,7%. Dit komt overeen met een totale hoeveelheid van 128 kg N/ha. In 2006 bedroeg de loofmassa 5,43 ton d.s. per ha met een N-gehalte van 2,3%, overeenkomend met een N-inhoud van 125 kg N/ha. Met het programma Minip (Janssen, 1996) werd berekend dat hieruit voor en tijdens de teelt van prei ca. 84 kg N/ha zou mineraliseren in 2005 en ca. 79 kg N/ha in 2006.

De N-werking is beoordeeld aan de hand regelmatige Nmin-metingen in de laag 0-60 cm en het verschil in N-opname door het preigewas. De Nmin is in 2005 gemeten (mengmonster voor de twee herhalingen) op 8 juli (na het planten van de prei), 9 augustus, 22 september en 9 november. In 2006 is de Nmin gemeten op 9 augustus, 8 september, 16 oktober en 23 januari.

In 2006 is tevens nagegaan hoe goed de met name N-rijke delen van de gewasresten (het blad) werden verwijderd. Bij de machinale oogst van de erwten, wordt het blad min of meer versnipperd. De kleine bladstukjes verschrompelen snel en worden daarna wellicht niet volledig afgevoerd c.q. blijven deels achter op het veld. Er is daartoe een vergelijking gemaakt tussen loofopbrengst en N-inhoud bij een handoogst van de erwten (waarbij het loof intact bleef) en bij verzameling en afvoer van het loof na machinale oogst.

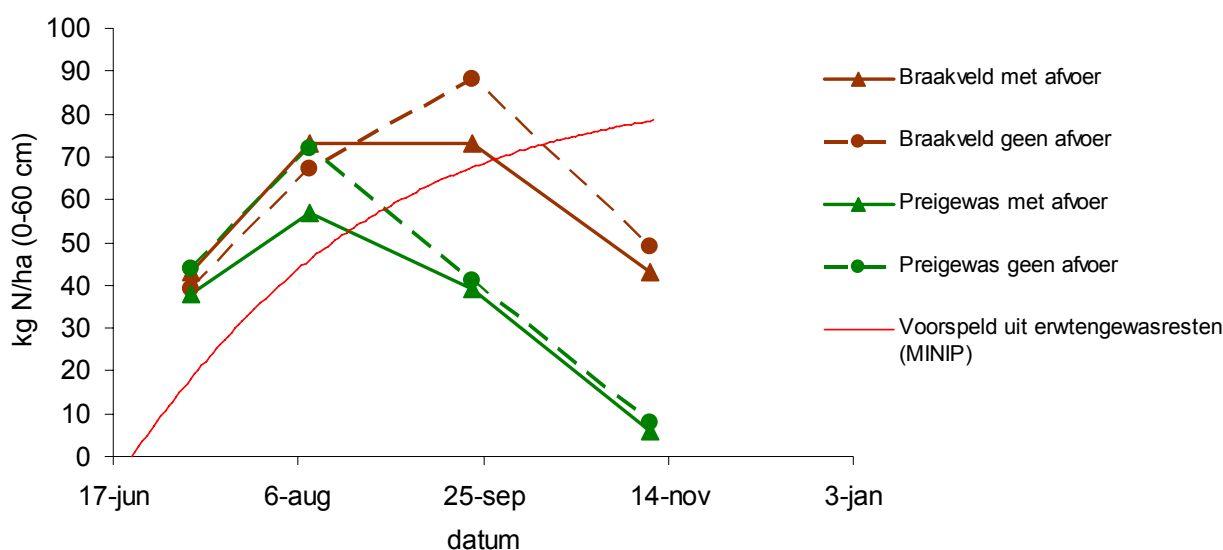
3.2.2 Resultaten en discussie

De verwachting van een snelle mineralisatie van de in het erwtenloof aanwezige stikstof kwam niet uit. De waarden van minerale stikstof in de braakveldjes van 2005 lieten geen grote verschillen zien tussen wel en niet afvoeren van het erwtenloof (tabel 21). Figuur 12 laat het verloop zien van de Nmin in de laag 0-60 cm (samen met de voorspelde mineralisatie uit alleen de gewasresten). Na 9 augustus daalde de hoeveelheid Nmin in het profiel van de preiveldjes door N-opname. Op de braakveldjes nam de hoeveelheid N nog toe. De daling van de Nmin op de braakveldjes tussen 22 september en 8 november is waarschijnlijk te wijten aan uitspoeling. Het neerslagoverschot voor onbeteelde grond bedroeg in die periode ongeveer 50 mm (incl. de aanvoer via beregening).

In beide gevallen (braak of gewas) was het verschil tussen wel en niet afvoeren van erwtenloof niet groter dan 15 kg N/ha en dus beduidend lager dan de verwachte 80 kg N/ha die er zou moeten mineraliseren. In 2006 was de Nmin-voorraad in de laag 0-60 cm zonder afvoer van het erwtenloof op 9 augustus weinig hoger (9 kg N/ha) dan met afvoer (tabel 22). Op 8 september was de Nmin zonder afvoer zelfs iets lager dan met afvoer. De verschillen zijn wellicht een gevolg van veldvariatie. Aangezien augustus een zeer natte maand was, waarin zeer waarschijnlijk uitspoeling is opgetreden, zijn de meetwaarden van 8 september niet veelzeggend. Ook moet er rekening mee worden gehouden dat het preigewas op dat moment al stikstof aan de bodem had onttrokken.

Tabel 21. **Verloop van de Nmin in 2005 na voorvrucht doperwt in braakveldjes en in het volggewas prei bij wel en niet afvoeren van de erwtenresten**

Object	Erwtenresten	Laag (cm)	Nmin (kg N/ha) op			
			8 juli	9 aug	22 sep	9 nov
Braakveld	Afgevoerd	0-30	23	40	39	20
		30-60	20	33	34	23
		0-60	43	73	73	43
	Niet afgevoerd	0-30	22	36	45	20
		30-60	17	30	43	29
		0-60	39	67	88	49
Preigewas	Afgevoerd	0-30	20	32	20	3
		30-60	17	25	19	3
		0-60	38	57	39	6
	Niet afgevoerd	0-30	23	38	13	4
		30-60	21	34	28	4
		0-60	44	72	41	8



Figuur 12. Verloop van de Nmin in de laag 0-60cm bij wel en niet afvoeren van erwtenresten in braakveldjes en in het (onbemeste) volggewas prei. Aangegeven is ook de modelmatige schatting van de hoeveelheid N die puur uit de gewasresten van erwten zou mineraliseren volgens berekening met Minip.

Tabel 22. Verloop van de Nmin in 2006 na voorvrucht doperwt in nulveldjes prei bij wel en niet afvoeren van de erwtenresten

Object	Erwtenresten	Laag (cm)	Nmin (kg N/ha) op			
			9 aug	8 sep	16 okt	23 jan
Nulveld prei	Afgevoerd	0-30	13	6	0	0
		30-60	28	11	0	0
		0-60	41	19	0	0
	Niet afgevoerd	0-30	13	8	0	0
		30-60	37	7	0	0
		0-60	50	13	0	0

De N-opname door het preigewas in 2005 verschilde nauwelijks tussen de beide objecten: zonder afvoer van het erwtenloof had het onbemeste gewas 72 kg N/ha opgenomen en met afvoer 69 kg N/ha. De N-opname stemt overeen met die van niet met stikstof bemeste prei op percelen met een relatief lage N-levering vanuit de bodem (Dekker & Van Dijk, 2005: p. 88).

Er was geen verschil in marktbaar opbrengst (bij beide 15,8 ton/ha). Wel was er een opmerkelijk verschil in kwaliteit: 66% in klasse I zonder loofafvoer en 47% in klasse 1 met loofafvoer.

In 2006 bedroeg het verschil in N-opname eveneens slechts 3 kg N/ha: 51 kg N/ha zonder afvoer van het erwtenloof en 48 kg N/ha (tabel 8). De N-opname van het niet met stikstof bemest gewas was zeer laag. Het verschil in productie was ook gering, maar evenals in 2005 was de kwaliteit van de prei met loofafvoer duidelijk slechter dan zonder loofafvoer (zie tabel 8 in paragraaf 2.3.4). Een goede verklaring hiervoor ontbreekt.

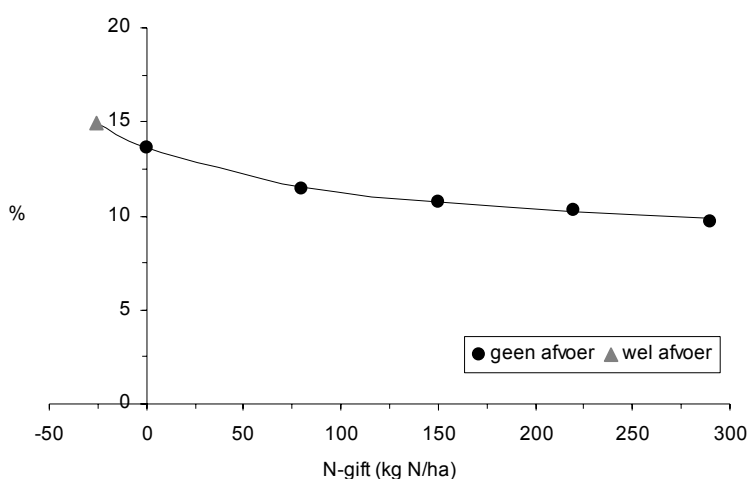
Aan de hand van de N-trappenreeks in 2006 (zie paragraaf 2.3.3. en 2.3.4.) is het verschil in N-aanbod tussen de beide objecten afgeleid bij het drogestofgehalte, het N-gehalte en de N-opname (zie tabel 8 in paragraaf 2.3.4.). Bij deze drie parameters lagen de meetwaarden, uitgezet tegen de N-gift, vrij goed op een lijn. Per parameter is getoetst met welk van de volgende modellen de stikstofresponse zonder afvoer van het erwtenloof het beste kon worden beschreven: 2^e graads polynoom, exponentieel model, lineair-gedeeld-door-lineair model, lijn + exponentieel model, lijn + plateau model of kwadratisch + plateau model.

Voor de eerste vier modellen is de notatie overgenomen die in Genstat wordt gehanteerd. De laatste twee modellen zijn ontleend aan Schröder et al. (1998). Als criteria voor de bepaling van het best beschrijvende model zijn het percentage verklaarde variantie (R^2) en de significantie van het model (F-probability uit de regressieanalyse) gehanteerd. De analyse is uitgevoerd aan de hand van de objectgemiddelden. Het resultaat is weergegeven in tabel 23 en figuur 12. De meetwaarde van het nulobject met afvoer erwtenloof is vergeleken met de responsecurve en via extrapolatie is bepaald met welke N-gift de meetwaarde overeenstemt.

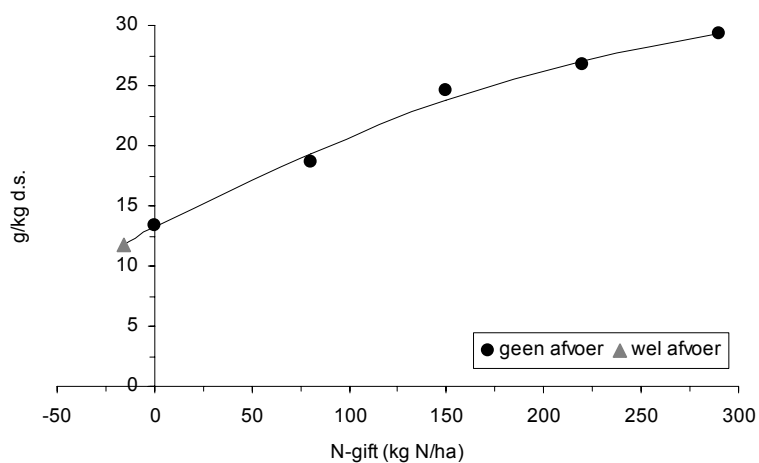
Het resultaat van de schatting verschilde per parameter. Gemiddeld bedroeg het 15 kg N/ha.

Tabel 23. **Schatting verlaging N-aanbod bij de nulveldjes prei met afvoer van het erwtenloof in 2006**

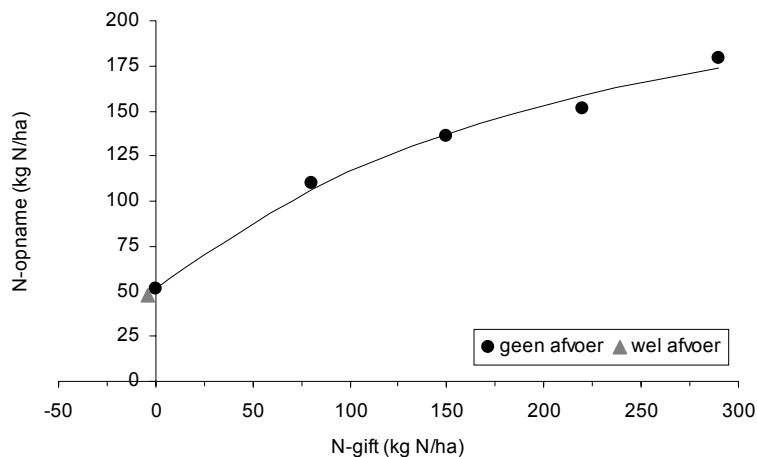
Parameter	Best beschrijvende model N-response	R^2	N-aanbod t.o.v. achterlaten erwtenloof (kg N/ha)
D.s.-gehalte	lineair gedeeld door lineair	98,9	-26
N-gehalte	2e graads polynoom	98,3	-16
N-opname	lineair gedeeld door lineair	98,1	-4



Figuur 13a. **Response drogestofgehalte winterteelt prei 2006 (oogst 2007)**



Figuur 13b. **Response N-gehalte winterteelt prei 2006 (oogst 2007)**



Figuur 13c. **Response N-opname winterteelt prei 2006 (oogst 2007)**

De resultaten van de twee proefjaren geven aan dat de prei nauwelijks heeft geprofiteerd van de stikstof uit het erwtenloof. De oorzaak is niet eenvoudig aan te geven. Het lijkt in ieder geval in overeenstemming met het ervaringsfeit uit de praktijk dat de stikstof uit erwtenloof moeilijk door een volggewas is te benutten.

Uit de vergelijking in 2006 tussen tussen loofopbrengst en N-inhoud bij een handoogst van de erwten (waarbij het loof intact bleef) en bij verzameling en afvoer van het loof na machinale oogst bleek dat het niet goed mogelijk was om de gewasresten na machinale oogst effectief te verwijderen. Bij de handoogst werd een loofmassa vastgesteld van 5,4 ton d.s. per ha met een N-inhoud van 125 kg N/ha. De afgevoerde hoeveelheid gewasresten na machinale oogst bleek maar 2,3 ton d.s. per ha te bedragen met een N-inhoud van 68 kg N/ha. Van de totale N-inhoud van het loof bleek dus maar ongeveer de helft te zijn afgevoerd. Met het programma Minip (Janssen, 1996) is geschat dat uit het niet-afgevoerde restant van het erwtenloof voor en tijdens de teelt van prei ca. 37 kg N/ha zou vrijkomen, bijna de helft van de geschatte 79 kg N/ha op de veldjes zonder loofafvoer.

De in het veld vastgestelde N-werking uit het erwtenloof à 15 kg N/ha heeft feitelijk betrekking op het afgevoerde deel van het erwtenloof. Met behulp van de geschatte mineralisatiecijfers m.b.v. Minip zou de volgende correctie kunnen worden gemaakt voor vertaling naar veldmineralisatie uit de totale hoeveelheid gewasresten: $15 \times 79 / (79 - 37) = 28$ kg N/ha. Gerelateerd aan de totale N-inhoud van het loof à 125 kg N/ha, is dit een N-werking van 22%.

Het kleine verschil in N-werking tussen wel en niet afvoeren van het erwtenloof is deels te verklaren uit het niet effectief kunnen afvoeren van het loof. Maar het verklaard nog niet waarom de verwachte N-mineralisatie van rond de 80 kg N/ha uitbleef c.q. de N-werking uit het loof zo laag was. Zonder afvoer van het erwtenloof was er in 2005 in de braakvelden een maximale N-toename van 50 kg N. Dit is niet alleen uit het erwtenloof, een gedeelte hiervan zal afkomstig zijn vanuit mineralisatie van de bodemorganischestof. Bij de nulvelden met prei bedroeg de maximale toename 28 kg N/ha. In 2006 bedroeg de Nmin-voorraad in de laag 0-60 cm op 23 juni (vlak na de erwtenoogst) 19 kg N/ha. Op 9 augustus was de Nmin 22-31 kg N/ha toegenomen (tabel 9). De berekende N-werking in 2006 bedroeg 22%, terwijl de berekening met Minp een werking van ruim 60% aangaf.

Het lot van de stikstof in erwtenoogstresten is nog niet duidelijk. In ieder geval lijkt het volggewas er weinig profijt van te hebben. Mogelijkheden oorzaken kunnen ammoniakvervluchtiging, denitrificatie en/of immobilisatie door het bodemleven zijn.

De Ruijter & Smit (2007) vonden in de literatuur dat van de stikstof in achtergebleven gewasresten veel verloren kan gaan door ammoniakvervluchtiging (tot 40% van de N-inhoud), met name wanneer deze gewasresten langere tijd op de grond blijven liggen. Kort na oogst is de emissie in de regel nog beperkt en na een week neemt deze toe. In 2005 zijn de gewasresten van de erwten negen dagen na oogst ingewerkt en kan ammoniakvervluchtiging een rol hebben gespeeld. In 2006 zijn de gewasresten vier dagen na oogst

ingewerkt en is ammoniakvervluchtiging vermoedelijk van geen of weinig betekenis geweest. Verder vonden de Ruijter & Smit (2007) dat veel stikstof verloren kan gaan door denitrificatie (tot 50%, afhankelijk van de omstandigheden), na inwerken van de gewasresten. In 2005 waren de omstandigheden op het veld in de eerste week na inwerken vrij nat door neerslag c.q. bevorderlijk voor het optreden van denitrificatie. In 2006 was het tijdens en geruime tijd na inwerken (tot augustus) droog. Wel is in die periode de prei na het planten twee keer beregend à 25 mm per keer. Augustus was een zeer natte maand, waarin wellicht denitrificatie is opgetreden.

Vooralsnog lijkt het op basis van dit tweejarig onderzoek verstandig om voor de N-werking uit de gewasresten van doperwt slechts een beperkte N-korting (≤ 30 kg N/ha) in mindering te brengen op de bemesting van het volggewas.

4 Conclusies

Het effect van de verlaagde stikstofgebruiksnorm op de opbrengst en kwaliteit en de reductie van de nitraatuitspoeling in de winter wisselde per proefjaar en per gewas.

Meestal leidde bemesting volgens de verlaagde stikstofgebruiksnormen tot een financiële opbrengstderving, maar soms niet of gaf het een hoger financieel saldo. In de vollegrondsgroententeelten was de financiële derving het grootst.

De drie rekenmethoden voor de bepaling van de nitraatreductie leverden verschillende uitkomsten op. De berekende reductie volgens de Sturen op Nitraat-relatie was meestal lager dan de berekende reductie volgens de WOG-methode of op basis van gemeten N_{min}-verlies en neerslagoverschot in de winterperiode. Voor een teelt die weinig N_{min} in de bodem nalaat maar veel stikstof in de gewasresten, moet worden betwijfeld of de relatie van Sturen op Nitraat bruikbaar is. Voor het overige is op basis van dit tweejarig onderzoek niet aan te geven welke methode beter is.

In aardappel leidde bemesting volgens 75% van de gebruiksnorm in 2005 tot een financiële opbrengstderving van €235,- per ha maar in 2006 tot een verhoging van het saldo met €275,- per ha. De berekende verlaging van het nitraatgehalte, varieerde van niets tot 23 mg NO₃ per l in 2005 en van 9 tot 54 mg/l in 2006, afhankelijk van de rekenmethode.

In snijmais leidde bemesting à 70% van de gebruiksnorm tot een financiële derving van €65,- per ha in 2005 en van €310,- per ha in 2006. Het leidde tot een berekende verlaging van het nitraatgehalte van 10-22 mg NO₃ per l in 2005 en 4-22 mg/l in 2006, afhankelijk van de rekenmethode.

Bij volledige toediening van de stikstof als rijenbemesting à 70% van de gebruiksnorm in snijmais trad geen opbrengstderving op en een nog sterkere, berekende verlaging van het nitraatgehalte volgens de WOG-methode. Wel was het financieel saldo wat lager (gemiddeld €65,- per ha) door hogere bemestingskosten.

Uit de vergelijking in winterprei 2005-2006 kon het effect van de verlaagde gebruiksnorm op de financiële opbrengst en de verlaging van het nitraatgehalte niet worden vastgesteld.

In 2006-2007 leidde bemesting à 70% van de gebruiksnorm 2007 tot een financiële derving van €400,- per ha. Het was in de winterprei alleen mogelijk om de verlaging van het nitraatgehalte te voorspelen volgens de WOG-methode. Deze bedroeg 48 mg NO₃ per l in 2006-2007.

In de dubbelteelt broccoli in 2005 leidde bemesting à 70% van de gebruiksnorm tot een financiële derving van €845,- per ha in de 1^e teelt. In de 2^e teelt kon het effect op de financiële opbrengst van een verlaagde N-gift à 45% van de gebruiksnorm ten opzichte van een gift à 75% van de gebruiksnorm niet worden bepaald.

De verlaagde N-bemesting in de dubbelteelt broccoli gaf een berekende verlaging van het nitraatgehalte van 52-159 mg NO₃/l, afhankelijk van de rekenmethode.

In suikerbiet in 2006 leidde bemesting à 80% van de gebruiksnorm niet tot een lager financieel saldo. Uit het berekende N_{min}-verlies in de winterperiode alsook uit de relatie van Sturen op Nitraat kwam echter ook geen verlaging van het nitraatgehalte naar voren. De WOG-methode gaf een geringe verlaging aan: 15 mg NO₃ per l.

De gevolgen van de verlaagde N-gift op de (financiële) opbrengst varieerden nogal per jaar of perceel. Hoeveel stikstof een gewas nodig heeft voor een optimale opbrengst en kwaliteit, is erg afhankelijk van de groeiomstandigheden (met name perceels- en weersinvloed) en kan per situatie verschillen. Naarmate de verlaagde gebruiksnorm verder onder de optimale N-gift ligt, zal de (financiële) opbrengstderving groter zijn.

Bij hantering van de WOG-methode was in aardappel, maïs en prei de tendens aanwezig dat een sterkere opbrengstderving bij verlaagde N-gift gepaard ging met een geringere reductie van het N-overschot en een zwakke of geen opbrengstderving met een sterkere reductie van het N-overschot.

De werkelijk gemeten nitraatconcentraties, op de proefpercelen van het project Nutriënten Waterproof te Vredepeel, bleken bij hetzelfde gewas met een min of meer zelfde stikstofinput in beide jaren nogal te verschillen, vermoedelijk als gevolg van de perceelsinvloed. Dit maakt het moeilijk om het effect van de verlaagde gebruiksnormen op de (berekende) verlaging van het nitraatgehalte goed te waarderen: een reductie van bijvoorbeeld 25 mg NO₃/l is bij een nitraatgehalte van 150 mg/l relatief klein en bij een nitraatgehalte van 60 mg/l relatief groot.

Om voldoende betrouwbaar te kunnen vaststellen wat gemiddeld genomen het effect van verlaging van de gebruiksnorm is op de financiële opbrengst en op de reductie van het nitraatgehalte in het grondwater, moeten meer onderzoeksgegevens worden verzameld van meerdere locaties/percelen en meerdere jaren. De resultaten van dit tweejarig onderzoek op Vredepeel zullen tezamen met andere onderzoeksresultaten omtrent verlaging van de gebruiksnormen moeten worden beoordeeld.

Het afvoeren van bietenloof lijkt geen bijzonder effectieve maatregel om de nitraatuitspoeling te verminderen. In 2005 bedroeg de berekende reductie van het stikstofverlies ca. 5 kg N/ha, zowel bij de oogst van half september als van eind oktober. In 2006 was de berekende reductie hoger en bedroeg ca. 33 kg N/ha bij de oogst van half september en 21 kg N/ha bij de oogst van eind oktober. Deze bevinding komt overeen met vermeldingen in de (internationale) literatuur dat de stikstofverliezen naar het grondwater uit de gewasresten van suikerbieten relatief klein zijn en dat afvoeren van gewasresten maar een gering effect heeft op de stikstofuitspoeling.

Laat oogsten van de bieten lijkt meer bij te dragen aan vermindering van de nitraatuitspoeling. Bij eind oktober oogsten was het berekende stikstofverlies gemiddeld 38 kg N/ha lager dan bij half september oogsten (37 kg N/ha in 2005 en 39 kg N/ha in 2006).

Om meer inzicht te verkrijgen in welke maatregel het meest effectief is, is een voortgezet en diepgaander onderzoek naar de stikstofhuishouding in de bodem tijdens de teelt en na de oogst van de bieten gewenst.

In de teeltcombinatie doperwt-winterprei profiteerde de prei in beide proefjaren nauwelijks van de stikstof in de achtergebleven gewasresten van de doperwten. De stikstofwerking uit de gewasresten van erwt was veel lager dan op basis van de hoge N-inhoud van deze gewasresten werd verondersteld. De oorzaak hiervan is niet geheel duidelijk.

Ook bij doperwten is de vraag of afvoer van gewasresten veel op zal leveren als het gaat om verminderen van de nitraatuitspoeling. Dit vraagt om nader onderzoek.

Literatuur

- Booij, R., D. Uenk, C. Lokhorst & C. Sonneveld (2001). Monitoring crop nitrogen status in potatoes, using crop light reflection. G. Grenier, S. Blackmore and J. Steffe (eds.), Proc. 3rd European Conference on Precision Agriculture, p. 893-897.
- Booij, R. & B. Meurs (2002). Supplementary nitrogen application in leeks, based on determination of crop nitrogen status. Acta Hort. 571:155-162.
- Dekker, P.H.M. & T.A. van Dijk. Voorstel tot herziening N-bemestingsadviezen van 14 akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Projectrapport 500102, PPO, Lelystad, 128 p.
- De Ruijter F.J. & A.L. Smit (2007). Het lot van stikstof uit gewasresten. Wageningen, Plant Research International, Rapport 133, 33 pp. + bijlage.
- De Wolf, M. & A. van der Klooster (2006). Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt (KWIN AGV 2006). PPO-publicatie 354, 286 pp.
- Feddes, R.A. (1987). Crop factors in relation to Makkink reference-crop evatranspiration. In: Hooghart, J.C. Evaporation and weather, Proceedings and Information. TNO Committee on Hydrological Research, no. 39, TNO, Den Haag, p. 33-45.
- Hack-ten Broeke, M.J.D., S.L.G. Burgers, A. Smit, H.F.M. ten Berge, J.J. de Gruijter, I.E. Hoving, M. Knotters, S. Radersma & G.L. Velthof (2004). Ontwikkeling van een indicator om te sturen op nitraat : gegevens en regressieanalyse op basis van drie eerste meetseizoenen (2000-2001, 2001-2002 en 2002-2003). Reeks Sturen op Nitraat 12, Alterra, Wageningen. 117 p.
- Janssen, B.H. (1996). Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. Plant and Soil 181, p. 39-45.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems (2004). Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Plant Research International, rapport nr. 79, Wageningen, 60 pp.
- Schröder, J.J., J.J. Neeteson, J.C.M. Withagen & I.G.A.M. Noij (1998). Effects of N application on agronomic and environmental parameters in silage maize production on sandy soils. Field Crops Research 58, p. 55-67.
- Smit, A.L., J.J. de Haan & K.B. Zwart (2005). Kan de akkerbouw en groenteteelt op zandgrond voldoen aan de nitraatnorm? Telen met Toekomst, OV0502. PRI, Wageningen, 67 p.
- Van der Sluijs, P. (1992). Vochtlevering door de grond. In: Locher, W.P. & H. de Bakker. Bodemkunde van Nederland. Deel 1, Algemene Bodemkunde, p. 269-284.
- Van Dijk, W., J.R. van der Schoot, A.M. van Dam, L.J.M. Kater, F.J. de Ruijter, H. van Reuler, A.A. Pronk, Th.G.L. Aendekerk & M.P. van der Maas (2005). Onderbouwing N-gebruiksnormen akker- en tuinbouw, Kleine gewassen. Rapport projectnr. 500025. PPO, Lelystad, 64 p.
- Van Dijk, W. & J.J. Schröder (2007). Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouw op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten. Rapport nr. 371. PPO, Lelystad, 78 p.

Van Dijk, W. (2003). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Publicatienr. 307. PPO, Lelystad, 66 p.

Van Dijk, W. (1993). Teelt van maïs. Teelthandleiding nr. 58. PAGV, Lelystad, 124 p.

Van Geel, W.C.A. & A.L. Smit (2006). Effect verlaging gebruiksnorm en afvoer gewasresten op nitraatuitspoeling. Deelonderzoek voor Telers Mineraal Paraat uitgevoerd in 2005-2006 binnen project Nutriënten Waterproof. Projectrapport 500181, PPO, Lelystad, 39 p.

Van Geel, W.C.A., S. Radersma, E.J.J. Meurs & C. Grashoff (2006). Comparison of split nitrogen application strategies in leek (*Allium porrum*) tot reduce N fertilization on sandy soils in the Netherlands. Acta Horticulturae 700, p. 241-245.

Van Geel, W.C.A. & E.J.J. Meurs (2004). Ontwikkeling geleide bemestingssystemen in de teelt van prei 2002-2003. Projectrapport 510168, PPO, Lelystad, 46 p.

Bijlage 1. Overzicht perceelsindeling geïntegreerde bedrijfssystemen Nutriënten Waterproof 2005

→ N

pad		peelkanaal	pad		
zomergerst (i.p.v. 2e jaar buxus en roos)	19.2 b	kavelpad sloot	triticale gbm + prei laat herfst	29.2 b	18 m
1e jaars buxus en roos	19.2 a		ijssla zomer + ijssla laat herfst	29.2 a	18 m
zomergerst	19.1 b		stamslaboon + gbm	29.1 b	18 m
suikerbiet	19.1 a		broccoli zomer + broccoli laat herfst	29.1 a	15 m
triticale + gbm	18.2 b		snijmaïs + haver gbm	28.2 b	18 m
triticale + gbm	18.2 a		snijmaïs + haver gbm	28.2 a	18 m
triticale (ipv koolzaad) + gbm	18.1 b		snijmaïs + haver gbm	28.1 b	18 m
triticale (ipv koolzaad) + gbm	18.1 a		snijmaïs + haver gbm	28.1 a	15 m
lelie	17.2 b		aardappel laat	27.2 b	18 m
lelie	17.2 a		aardappel laat	27.2 a	18 m
lelie	17.1 b		aardappel laat	27.1 b	18 m
lelie	17.1 a		aardappel laat	27.1 a	15 m
suikerbiet laat	16.2 b		erwt + prei winter	26.2 b	18 m
suikerbiet laat	16.2 a		erwt + prei winter	26.2 a	18 m
suikerbiet laat	16.1 b		erwt + prei winter	26.1 b	18 m
suikerbiet laat	16.1 a		erwt + prei winter	26.1 a	15 m

Perceelslengte: 194 m

Bijlage 2. Overzicht perceelsindeling geïntegreerde bedrijfssystemen Nutriënten Waterproof 2006

→ N

peelkanaal			
pad		pad	
suikerbiet	19.2 b	spinazie + broccoli laat herfst	29.2 b 18m.
2e jaar buxus & roos	19.2 a	triticale gbm + prei laat herfst	29.2 a 18m.
1e jaar buxus & roos	19.1 b	spinazie + ijsla laat herfst	29.1 b 18m.
zomergerst	19.1 a	stamslaboon + gbm	29.1 a 15m.
lelie	18.2 b	suikerbiet laat	28.2 b 18m.
lelie	18.2 a	suikerbiet laat	28.2 a 18m.
lelie	18.1 b	suikerbiet laat	28.1 b 18m.
lelie	18.1 a	suikerbiet laat	28.1 a 15m.
erwt + prei winter	17.2 b	triticale + gbm	27.2 b 18m.
erwt + prei winter	17.2 a	triticale + gbm	27.2 a 18m.
braak + prei winter	17.1 b	triticale + gbm	27.1 b 18m.
erwt + prei winter	17.1 a	triticale + gbm	27.1 a 15m.
aardappel laat	16.2 b	snijmaïs + gbm	26.2 b 18m.
aardappel laat	16.2 a	snijmaïs + gbm	26.2 a 18m.
aardappel laat	16.1 b	snijmaïs + gbm	26.1 b 18m.
aardappel laat	16.1 a	snijmaïs + gbm	26.1 a 15m.

Perceelslengte: 194 m

Bijlage 3. Teeltuitvoering consumptie-aardappelen NWP/TMP 2005

Ras:	Saturna
N-bemesting:	<p><i>Perceel 27.1</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 28 ton varkensdrijfmest per ha via bouwlandinjectie op 29 mrt (182 kg N-totaal, 145 kg N-werkzaam) • bijbemesting object A met KAS bij aanaarden op 27 mei volgens proefplan (zie paragraaf 2.1.1.) • bijbemesting beide objecten bij knolzetting op 8 juni volgens proefplan (zie paragraaf 2.1.1.) <p><i>Perceel 27.2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 61 kg N/ha op 9 mei als KAS • bijbemesting beide objecten met KAS bij aanaarden op 27 mei volgens proefplan (zie paragraaf 2.1.1.) • bijbemesting beide objecten bij knolzetting op 8 juni volgens proefplan (zie paragraaf 2.1.1.)
Overige bemesting:	<p><i>Perceel 27.1</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 kg borium (B) per ha als Borax op 9 feb • 108 kg K₂O per ha als kalizout 60 op 2 mrt • 28 ton varkensdrijfmest per ha via bouwlandinjectie op 29 mrt (102 kg P₂O₅ en 176 kg K₂O per ha) • 1,6 kg MgO per ha via bespuiting met bitterzout op 1 juli <p><i>Perceel 27.2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 kg borium (B) per ha als Borax op 9 feb • 285 kg K₂O per ha als kalizout 60 op 2 mrt • 28 ton varkensdrijfmest per ha via bouwlandinjectie op 29 mrt (102 kg P₂O₅ en 176 kg K₂O per ha) • 1,6 kg MgO per ha via bespuiting met bitterzout op 1 juli
Poten:	12 april, potermaat 35/50, pootafstand 32 cm in de rij en 75 cm tussen de rijen
Opkomst:	10 mei
Aanaarden:	27 mei
Gewasbescherming:	geïntegreerde gewasbescherming
Beregening:	op 9 juni, 17 juni, 21 juni, 28 juni en 15 juli à 25 mm per keer
Loofdoding:	spuiten met 1 l Reglone per ha op 7 september
Oogst	30 september
Zaai triticale:	24 oktober

Bijlage 4. Teeltuitvoering consumptie-aardappelen NWP/TMP 2006

Ras:	Saturna
N-bemesting:	<i>Perceel 16.2b</i> <ul style="list-style-type: none"> • 70 kg N/ha als KAS op 18 april • 105 resp. 65 kg N/ha als KAS bij de objecten op 24 mei • 90 resp. 65 kg N/ha als KAS bij de objecten op 16 juni
Overige bemesting:	<i>Perceel 16.2b</i> <ul style="list-style-type: none"> • geen fosfaatbemesting • 114 kg K₂O per ha als kalizout 60 op 13 maart • 1 kg borium (B) per ha als Borax op 14 maart • 1,5 kg MgO per ha via bespuiting met bitterzout op 27 juni
Poten:	14 april, potermaat 35/50, pootafstand 32 cm in de rij en 75 cm tussen de rijen
Opkomst:	12 mei
Aanaarden:	3 juni
Gewasbescherming:	geïntegreerde gewasbescherming
Beregening:	op 12 juni, 24 juni, 4 juli, 10 juli, 17 juli, 26 juli en 30 juli à 25 mm per keer
Loofdoding:	spuiten met 2 l Reglone per ha op 4 september
Oogst	proefveldoogst 20 september; machinale oogst rest van het perceel op 17 oktober
Zaai triticale:	30 oktober

Bijlage 5. Teeltuitvoering snijmaïs NWP/TMP 2005

Ras:	Goldibis
N-bemesting:	<p><i>Perceel 28.1b</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 40 ton runderdrijfmest per ha via bouwlandinjectie op 22 april (140 kg N-totaal, 83 kg N-werkzaam) • 38 kg N/ha als KAS op 12 mei als rijenbemesting gelijktijdig met het zaaien • 38 kg N/ha als KAS op 12 mei volvelds gestrooid bij object 100% GN <p><i>Perceel 28.2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 120 kg N/ha als KAS op 12 mei als rijenbemesting gelijktijdig met het zaaien
Overige bemesting:	<p><i>Perceel 28.1b</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1,1 kg borium (B) per ha als Borax op 9 feb • 69 kg K₂O per ha als kalizout 60 op 2 mrt • 40 ton runderdrijfmest per ha via bouwlandinjectie op 22 april (48 kg P₂O₅ en 228 kg K₂O per ha) <p><i>Perceel 28.2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1,1 kg borium (B) per ha als Borax op 9 feb • 285 kg K₂O per ha als kalizout 60 op 2 mrt
Zaaien:	12 mei, zaadafstand 14,5 cm in de rij en 75 cm tussen de rijen
Gewassluiting:	26 juni
Gewasbescherming:	geïntegreerde gewasbescherming
Beregening:	geen
Oogst	28 september
Zaai groenbemester:	7 oktober

Bijlage 6. Teeltuitvoering snijmaïs NWP/TMP 2006

Ras:	Goldibis
N-bemesting:	<i>Perceel 26.2b</i> <ul style="list-style-type: none"> • 149 resp. 93 kg N/ha als KAS volvelds bij de objecten op 26 april • 27 kg N/ha als KAS, rijenbemesting bij zaai bij beide objecten op 26 april <i>Perceel 26.2a</i> <ul style="list-style-type: none"> • 120 kg N/ha als KAS op 26 april als rijenbemesting gelijktijdig met het zaaien
Overige bemesting:	<i>Perceel 26.2</i> <ul style="list-style-type: none"> • 210 kg K₂O per ha als kalizout 60 op 13 maart • 1 kg borium (B) per ha als Borax op 14 maart
Zaaien:	26 april, zaadafstand 14,0 cm in de rij en 75 cm tussen de rijen
Gewassluiting:	26 juni
Gewasbescherming:	geïntegreerde gewasbescherming
Beregening:	op 11 juli en 23 juli à 25 mm per keer
Oogst	14 september
Zaai groenbemester:	16 oktober

Bijlage 7. Teeltuitvoering prei NWP/TMP 2005-2006

Ras:	Kenton
N-bemesting:	<p><i>Perceel 26.2b</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 kg N/ha als KAS op 15 juli bij object 100% gebruiksnorm • 27 kg N/ha als KAS op 10 aug bij beide objecten • 35 kg N/ha als KAS op 22 aug bij beide objecten • 70 kg N/ha als KAS op 14 sep bij object 100% gebruiksnorm • 46 kg N/ha als KAS op 14 sep bij object 75% gebruiksnorm • 10 kg N/ha als ureum op 14 dec (via gewasbespuiting) bij beide objecten <p><i>Perceel 26.2a (NBS)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 35 kg N/ha als KAS op 22 aug • 70 kg N/ha als KAS op 14 sep • 10 kg N/ha als ureum op 14 dec (via gewasbespuiting) bij beide objecten
Overige bemesting:	<p><i>Perceel 26.2a en 26.2b</i></p> <p>201 kg K₂O per ha als patentkali</p>
Ponsen:	spitten en plantgaten ponzen op 5 juli
Planten:	6 juli, plantafstand 9 cm in de rij en 75 cm tussen de rijen
Aangieten:	aangieten met water op 7 juli (0,9 mm)
Gewasbescherming:	geïntegreerde gewasbescherming
Beregening:	op 6 sep 25 mm en op 12 okt 20 mm
Oogst	8 februari

Schema van perceel 26.2b van Nutriënten Waterproof in 2005

Objecten gebruiksnorm:

N1 = 100% gebruiksnorm prei 2006

N2 = 75% gebruiksnorm prei 2006

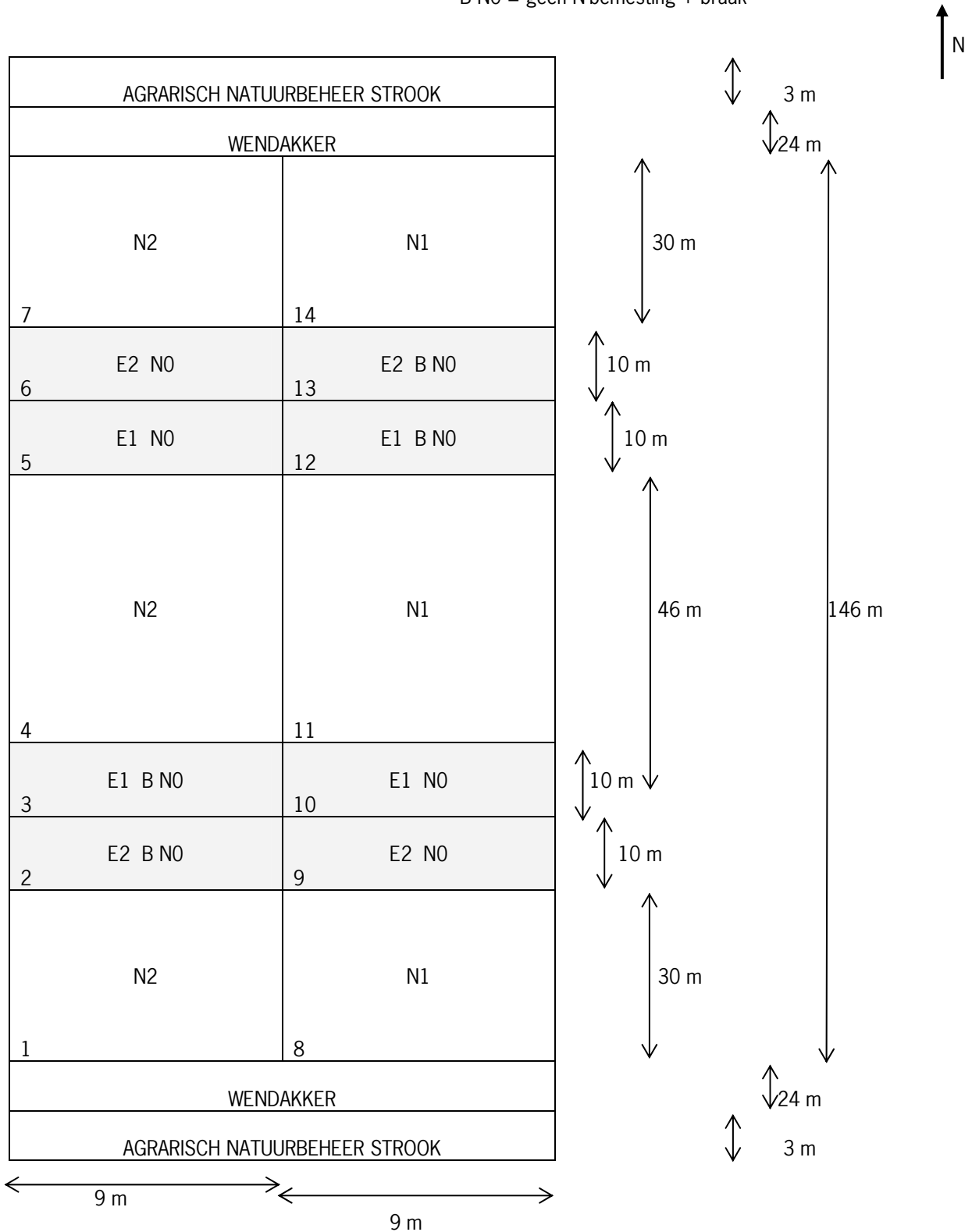
Objecten afvoer erwtenloof en nul- en braakveldjes:

E1 = erwtenloof laten liggen

E2 = erwtenloof afvoeren

NO = geen N-bemesting (nulveldje)

B NO = geen N-bemesting + braak



Bijlage 8. Teeltuitvoering prei NWP/TMP 2006-2007

Ras:	Kenton																																			
N-bemesting:	<i>Perceel 17.2b</i> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tijdstip</th> <th colspan="5">N-trap</th> </tr> <tr> <th>0 N</th> <th>80 N</th> <th>150 N</th> <th>220 N</th> <th>290 N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10 juli 2006</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>37</td> <td>55</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td>17 aug 2006</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>38</td> <td>55</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>15 sep 2006</td> <td>0</td> <td>25</td> <td>45</td> <td>65</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>9 okt 2006</td> <td>0</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table>	Tijdstip	N-trap					0 N	80 N	150 N	220 N	290 N	10 juli 2006	0	20	37	55	72	17 aug 2006	0	20	38	55	73	15 sep 2006	0	25	45	65	85	9 okt 2006	0	15	30	45	60
Tijdstip	N-trap																																			
	0 N	80 N	150 N	220 N	290 N																															
10 juli 2006	0	20	37	55	72																															
17 aug 2006	0	20	38	55	73																															
15 sep 2006	0	25	45	65	85																															
9 okt 2006	0	15	30	45	60																															
Overige bemesting:	<i>Perceel 17.2b</i> <ul style="list-style-type: none"> 170 kg K₂O en 57 kg MgO per ha als patentkali op 27-6-2006 80 kg K₂O en 27 kg MgO per ha als patentkali op 13-9-2006 																																			
Ponsen:	plantgaten ponsen op 4 juli																																			
Planten:	6 juli, plantafstand 9 cm in de rij en 75 cm tussen de rijen																																			
Aangieten:	aangieten met water op 6 juli en 26 juli (0,9 mm per keer)																																			
Gewasbescherming:	geïntegreerde gewasbescherming																																			
Beregening:	op 12 juli, 29 juli, 15 sep 25 mm per keer en op 26 sep 20 mm																																			
Oogst	22 januari																																			

herhaling 3			herhaling 2			herhaling 1			lelie	18.1 a			
3m agrarisch natuurbeheer strook	28 kas130	27 Cultan	26 nul-E1	25 kas70	24 Orgaplus	23 Entec	22 Cultan	21 nul-E2	20 Orgaplus	19 Agrobien	prei	pad sloot	
	18 kas40	17 Entec		16 Orgaplus	15 kas130	14 Agrobien	13 kas40		12 kas100	11 Entec			17.2 b
	10 Agrobien	9 kas100	8 nul-E2	7 kas40	6 Cultan	5 kas70	4 kas100	3 nul-E1	2 kas130	1 kas70			
50 meter bruto ± 35 meter netto		15 meter wel/geen loof		± 67 meter			15 meter wel/geen loof		50 meter bruto ± 35 meter netto				
strook bemesting Nutriënten Waterproof NBS													
												prei	17.1 b

nul-E1 = nulveldje zonder afvoer erwtenloof

nul-E2 = nulveldje met afvoer erwtenloof

Bijlage 9. Teeltuitvoering broccoli NWP/TMP 2005

Ras:	Montop (in de 1 ^e en 2 ^e teelt)
N-bemesting:	<p><i>1^e teelt</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 81 kg N/ha rijenbemesting met KAS, gehele perceel • 190 kg N/ha op de plots met verhoogde N-gift en 108 kg N/ha op de rest van het perceel op 7 juni <p><i>2^e teelt</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 50 kg N/ha als KAS, gehele perceel • 146 kg N/ha op de plots met verhoogde N-gift en 65 kg N/ha op de rest van het perceel op 7 juni
Overige bemesting:	<p><i>1^e teelt</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1,1 kg borium (B) per ha als Borax op 9 feb • 234 kg K₂O per ha als kalizout 60 op 2 mrt <p><i>2^e teelt</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 99 kg K₂O per ha als patentkali op 11 juli
Planten:	1 ^e teelt op 3 mei en 2 ^e teelt op 8 juli, afstand in de rij ±33 cm en tussen de rijen 75 cm
Gewasbescherming:	geïntegreerde gewasbescherming
Beregening:	op 16 juni 25 mm en op 25 juni 20 mm (1 ^e teelt) op 14 juli 25 mm en op 5 september 25 mm (2 ^e teelt)
Oogst:	1 ^e teelt op 30 juni (1 ^e oogst) en 4 juli (2 ^e oogst) 2 ^e teelt op 9 september (1 ^e oogst) en 13 september (2 ^e oogst)
Afvoer gewasresten:	afmaaien en afvoeren op 24 september
Zaai groenbemester:	1 oktober

Bijlage 10. Teeltuitvoering suikerbiet NWP/TMP 2006

Ras:	Solano
N-bemesting:	<p><i>perceel 28.2a</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 100 kg N/ha als KAS op 18 april • 90 respectievelijk 20 kg N/ha als KAS op 16 mei bij de objecten <p><i>perceel 28.2b</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 100 kg N/ha als KAS op 18 april • 49 kg N/ha als KAS op 16 mei
Overige bemesting:	<p><i>perceel 28.2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 100 kg Na₂O per ha als landbouwzout (NaCl) op 2 maart • 219 kg K₂O per ha als kalizout 60 op 13 maart • 1 kg borium (B) per ha als Borax op 14 maart
Zaaien:	6 april, zaadafstand 17 cm in de rij en 50 cm tussen de rijen
Gewasbescherming:	geïntegreerde gewasbescherming
Beregening:	op 6 juli en 13 juli à 25 mm per keer
Oogst:	19 oktober

Bijlage 11. Teeltuitvoering suikerbiet NWP 2005

Ras:	Solano
N-bemesting:	<p><i>perceel 16.1a</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 27 ton varkensdrijfmest per ha via bouwlandinjectie op 21 maart (176 kg N-totaal, 145 kg N-werkzaam) <p><i>perceel 16.1b</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 27 ton varkensdrijfmest per ha via bouwlandinjectie op 21 maart (176 kg N-totaal, 145 kg N-werkzaam) • 43 kg N/ha als KAS op 6 mei <p><i>perceel 16.2a</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 80 kg N/ha als KAS op 30 maart • 65 kg N/ha als KAS op 6 mei <p><i>perceel 16.2b</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 80 kg N/ha als KAS op 30 maart • 108 kg N/ha als KAS op 6 mei
Overige bemesting:	<p><i>perceel 16.1</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 kg borium (B) per ha als Borax op 9 februari • 44 kg K₂O per ha, 108 kg Na₂O en 20 kg MgO per ha als Nakamag op 18 feb • 27 ton varkensdrijfmest per ha via bouwlandinjectie op 21 maart (98 kg P₂O₅ en 170 kg K₂O) <p><i>perceel 16.2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 kg borium (B) per ha als Borax op 9 februari • 44 kg K₂O per ha, 108 kg Na₂O en 20 kg MgO per ha als Nakamag op 18 feb • 207 kg K₂O per ha als kalizout 60 op 2 maart
Stuifbestrijding:	inzaai gerst op 25 maart als stuifdek
Zaaien:	6 april, zaadafstand 17 cm in de rij en 50 cm tussen de rijen
Gewasbescherming:	geïntegreerde gewasbescherming
Beregening:	op 17 juni, 27 juni, 16 juli en 12 september à 25 mm per keer
Oogst:	25 oktober

Bijlage 12. Berekening van verschil in N-bodemoverschot naar verschil in nitraatgehalte

Het N-bodemoverschot is het verschil tussen aanvoer en afvoer van stikstof. In de WOG-studie (Schröder et al., 2004) is hierbij uitgegaan van lange termijn en een evenwichtssituatie, waarbij is verondersteld dat de jaarlijkse aanvoer van organische stikstof in gewasresten en organische mest gelijk is aan de jaarlijkse afbraak. Daardoor kan een aantal aan- en afvoerposten tegen elkaar worden weggestreept en blijft een aantal netto-posten over op de balans.

Dit aanvoerposten zijn: depositie
 stikstofbinding bij vlinderbloemigen
 organische mest en kunstmest

De afvoerposten zijn: van het veld afgevoerd product
 ammoniakemissie uit organische mest

In de uitgevoerde vergelijking te Vredepeel tussen bemesting volgens 100% en 75% van de gebruiksnorm was er bij de aanvoerposten alleen verschil in hoeveelheid kunstmeststikstof. Bij de gewassen waarbij een deel van de stikstof via organische mest is toegediend, waren de hoeveelheid, het moment en de wijze van toediening bij beide objecten gelijk. De niveauverschillen tussen de objecten zijn aangebracht via de aanvullende kunstmestgift. Bij de afvoerposten was de ammoniakemissie uit organische mest dus ook gelijk en was er enkel verschil in de van het veldafgevoerde hoeveelheid stikstof met het geoogste product. Het verschil in N-bodemoverschot tussen de beide objecten kan aldus worden berekend uit het verschil in aanvoer van kunstmeststikstof minus het verschil in afvoer van het veld met het geoogst product.

Het verschil in N-bodemoverschot is vertaald naar een verschil in nitraatgehalte van het grondwater volgens dezelfde methodiek die de WOG heeft gehanteerd. Van het berekende N-bodemoverschot spoelt een bepaalde fractie uit, afhankelijk van grondsoort en grondwatertrap (tabel 8). De aldus berekende N-vracht lost op in het neerslagoverschot waaruit het nitraatgehalte volgt. Op zandgronden wordt vervolgens nog een correctie toegepast met betrekking tot denitrificatie.

Na publicatie van het WOG-rapport zijn de gehanteerde criteria (het zogenoemde mest-abc) voor berekening van de uitspoeling geactualiseerd. In tabel 24 is een berekening volgens het meest recente mest-abc weergegeven (overgenomen uit Van Dijk & Schröder, 2007). De cijfers zijn nieuwer en wijken af van die in het tussentijds verslag van 2006 (Van Geel & Smit, 2006).

Voor de droge zandgrond met Gt VII kan een verschil in N-bodemoverschot (in kg N/ha) worden vertaald naar een verschil in nitraatgehalte van het grondwater door het overschot met 0,937 te vermenigvuldigen.

Tabel 24. **Van N-bodemoverschot naar nitraatgehalte (mg/l) op natte en droge zandgrond (resp. grondwatertrap IV en VII) voor bouwland**

	Gt IV	Gt VII
N-bodemoverschot (kg/ha)	63	53
keer uitspoelingsfractie	0,58	0,73
gedeeld door neerslagoverschot (mm)	324	345
is N-concentratie (mg/l)	11,3	11,3
ofwel NO ₃ -concentratie (mg/l)	50	50

Bijlage 13. Neerslagoverschot proefboerderij Vredepeel

Hieronder is voor verschillende perioden de hoeveelheid neerslag weergegeven op basis van de gemeten dagelijkse hoeveelheid neerslag op proefboerderij Vredepeel. Verder is de verdamping weergegeven. Deze is berekend door het gemiddelde te nemen van de referentiegewasverdamping van de nabijgelegen KNMI-weerstations te Volkel en Arcen en deze te vermenigvuldigen met een correctiefactor. Voor de perioden dat er nog een gewas op het veld stond is de gewasfactor van Feddes (1987) genomen. Voor het overige is een correctiefactor per maand gehanteerd volgens Van der Sluijs (1992).

2005-2006

Periode	Betrekking op gewas	Neerslag (mm)	Verdamping (mm)	Overschot (mm)
1 aug tot 5 okt	aardappel	102	129	-27
5 okt tot 8 nov	aardappel	49	25	24
1 aug tot 29 sep	maïs	89	161	-72
29 sep tot 8 nov	maïs	62	31	31
19 sep tot 8 nov	broccoli, biet vroege oogst	71	46	25
14 dec tot 7 feb	suikerbiet (loofafvoer)	53	9	44
7 feb tot 7 mrt	suikerbiet (loofafvoer)	86	8	78
8 nov tot 14 dec	alle	48	6	42
14 dec tot 7 maart	alle	139	17	122
8 nov tot 7 maart	alle	187	23	164

2006-2007:

Periode	Betrekking op gewas	Neerslag (mm)	Verdamping (mm)	Overschot (mm)
1 aug tot 1 sep	aardappel	156	68	88
1 sep tot 6 nov	aardappel	94	66	28
1 aug tot 6 nov	aardappel	250	134	116
1 aug tot 18 sep	snijmaïs	160	121	39
18 sep tot 6 nov	snijmaïs	91	39	52
9 nov tot 21 dec	suikerbiet	126	8	118
21 dec tot 27 feb	suikerbiet	206	22	184
9 nov tot 27 feb	suikerbiet	331	30	301
26 sep tot 6 nov	suikerbiet (loofafvoer)	88	29	59
18 dec tot 14 feb	suikerbiet (loofafvoer)	168	9	159
14 feb tot 15 mrt	suikerbiet (loofafvoer)	91	17	74
6 nov tot 15 mrt	suikerbiet (loofafvoer)	392	34	358
6 nov tot 18 dec	aard, maïs, biet (loofafvoer)	133	8	125
18 dec tot 27 feb	aardappel, maïs	206	13	193
6 nov tot 27 feb	aardappel, maïs	339	22	317

Effecten van gereduceerd bemesten in consumptie-aardappel op drie praktijkpercelen

Inleiding en doel

Verlaging van de N bemesting leidt tot verlaging van de nitraatuitspoeling op zandgronden. Deze overweging vormt de grondslag voor de aanscherping van N-gebruiksnormen voor 'uitspoelingsgevoelige gewassen'. Bij deze gewassen ligt de nitraatuitspoeling bij adviesbemesting hoger dan 50 mg/l (berekening volgens Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen). Ramingen van het effect van verlaagde N-gift op uitspoeling lopen echter sterk uiteen, afhankelijk van de berekeningswijze. Rechtstreekse metingen van nitraat in het grondwater bij getrapte N-giften op proef- of praktijkpercelen zijn zeer schaars voor akkerbouwgewassen, of bestaan geheel niet. Hiervoor zijn relatief grote 'veldjes' nodig, wat meestal in trappenproeven niet gerealiseerd kan worden.

In het Telers Mineraal Paraat project werden enkele toetsen bij telers uitgevoerd met het doel om de impact vast te stellen van een verlaagde N-gift (groei seizoen 2006) op de nitraatconcentratie in grondwater [NO₃], gemeten in het opvolgend voorjaar (2007). Daarnaast werden ook 'indicatoren' voor nitraatuitspoeling bepaald: het N-overschot op de bodembalans, en de hoeveelheid minerale N in het bodemprofiel (N_{min}, 0-90 cm) in het najaar. Een tweede doel was het effect op de knolopbrengst en -sortering vast te stellen.

Aanpak

Het onderzoek werd uitgevoerd in consumptieaardappel, bij drie telers (elk met één perceel) in het zuid-oostelijk zandgebied. Er werden drie niveaus van N-bemesting aangelegd, bij benadering overeenkomend met 100% (A), 80% (B) en 50% (C) van de N-gebruiksnorm in 2006. Op iedere locatie werd elke behandeling in tweevoud uitgevoerd (details in Tabellen 1 en 2). De afmeting van de veldjes was 25 m x 25 m (Teler 2) of 25 m x 33 m (Telers 1,3). De opbrengst werd bepaald op 4 subplots van 3 m² elk per veldje. Drogestofgehalte en N-gehalte werden bepaald in één mengmonster per veldje. Het N-overschot werd bepaald als het verschil tussen totale N-aanvoer in meststoffen (incl. niet-werkzaam) en de gemeten N-afvoer in de knol. Gewas werd geoogst op 22 september (Teler 1) en 5 oktober (Telers 2,3). N_{min} werd bepaald op 1 november. Nitraat in grondwater werd gemeten op 12 maart (Telers 2,3) en 28 maart (Teler 1), 2007, in vijf verse boorgaten per veldje; monsters werden apart geanalyseerd. Grondwaterstand bij bemonstering varieerde tussen 80 en 100 cm -mv (Teler1), 80 en 110 cm -mv (Teler 2), en 95 en 125 cm -mv (Teler 3).

De statistische analyse werd uitgevoerd door lineaire regressie over de 'gepooled' data met 'teler' als factor. Geanalyseerde variabelen: opbrengst (knol > 50 mm; > 30 mm; totaal), onderwatergewicht (OWG), N-gehalte (in knol, kg/kg), N-afvoer (in knol, kg/ha), [NO₃] (mg/l), N-overschot (kg/ha), N_{min} (kg/ha).

Teler	Plaats	Ras	N-norm 2006 (kg/ha)	Nwz in dm (kg/ha)	Totale gift N werkzaam (kg/ha)		
					A	B	C
1	Tienray	Saturna	265	108 (RDM)	260 (98%)	216 (82%)	132 (50%)
2	Meerlo	Asterix	245	110 (RDM)	202 (82%)	195 (80%)	160* (65%)
3	Meterik	Asterix	245	82 (VDM)	242 (99%)	202 (82%)	122 (50%)

Tabel 1. Kenmerken van toetsen in consumptieaardappel, groeiseizoen 2006. Nwz in dm: wettelijk werkzame N in dierlijke mest; RDM: runderdrijfmest; VDM: varkensdrijfmest. Percentages bij behandelingen A, B, C geven de N-gift als fractie van de gebruiksnorm 2006 weer.

* Afwijkende N-gift door vergissing bij uitvoering zie Tabel 2.

Teler	Basisbemesting			1e bijmestgift 19 juni			2e bijmestgift 7 juli		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	180	156	132	40	30	0	40	30	0
2	122*	135	160*	40	30	0	40	30	0
3	162	142	122	40	30	0	40	30	0

Tabel 2. Basisbemesting (Nwz incl. KAS) en tijdstip en dosering van bijmestgiften (KAS) (kg N/ha).

* Kunstmestaanvulling in de basisbemesting werd bij Teler 2 per abuis verwisseld tussen A en C.

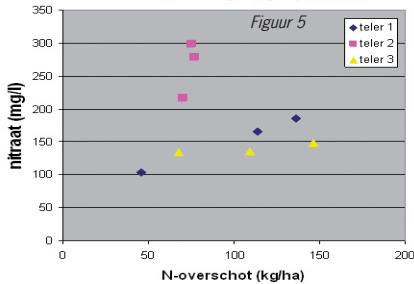
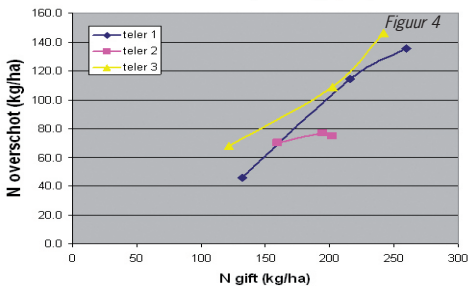
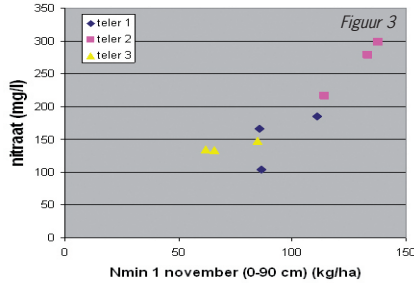
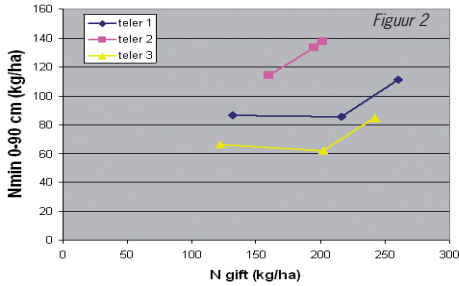
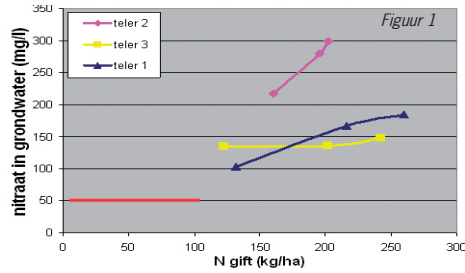
Teler		Opbrengst >50mm t/ha	Opbrengst >30mm t/ha	OWG g/kg	N gehalte g/kg	N afvoer kg/ha	N overschot kg/ha	Nmin 0-90 cm kg/ha	Nitraat grondwater mg/l
1	A	8.9	46.7	421	4.1	196	136	111	185
1	B	5.4	43.1	428	3.9	174	114	86	166
1	C	11.0	44.9	425	3.5	158	46	86	104
2	A	48.7	70.5	403	2.8	200	75	138	299
2	B	44.2	66.3	401	2.8	192	77	133	279
2	C	40.1	63.8	386	2.5	163	70	114	217
3	A	24.6	49.9	386	3.0	151	146	85	148
3	B	27.8	49.6	377	2.9	148	109	62	135
3	C	18.6	47.2	370	2.3	109	68	66	134

Tabel 3. Gemiddelde waarde (2 herhalingen) van de waargenomen responsvariabelen.

Resultaten

De resultaten zijn vermeld in Tabel 3 en Figuren 1-5. Alle variabelen verschilden significant ($p < 0.05$) tussen telers. Het effect van N-bemesting was alleen significant voor N-gehalte, N-afvoer, en N-overschot. Gemiddeld nam bij vermindering van de N-gift met 1 kg/ha, de N-afvoer af met 0.36 kg/ha, en het N-overschot met 0.64 kg/ha. Op alle overige variabelen had N-bemesting geen significant effect.

De opbrengstderiving per teler was 0-8% bij ca 20% korting op de gebruiksnorm (B) en 4-9% bij 50% korting (C). Over alle telers gemiddeld was de derving 24 kg knolopbrengst per kg N-gift.



Hoewel niet significant, waren de milieu-effecten soms wel groot. $[\text{NO}_3^-]$ nam over de drie telers gemiddeld af met 0.48 mg/l per kg N-gift; bij twee van de drie telers daalde $[\text{NO}_3^-]$ met ca 80 mg/l bij halvering van de N-gift (Fig 1). $[\text{NO}_3^-]$ verschilde sterk tussen percelen (telers). Dit patroon zien we ook voor Nmin (Fig. 2), waar het gemiddeld effect 0.17 kg was, per kg N-gift. Het verband tussen Nmin en $[\text{NO}_3^-]$ was wel significant (Fig 3) en de helling bedroeg 2.2 mg/l per kg Nmin ($R^2=0.82$). Het N-overschot vertoonde een duidelijke respons op de N-gift bij twee telers (Fig 4). De gepoolde data (Fig 5) laten geen samenhang zien tussen N-overschot en $[\text{NO}_3^-]$. Het neerslagoverschot bedroeg ca 230 mm. (100 mg nitraat per liter komt dan overeen met een verlies van 52 kg N/ha via nitraatuitspoeling.)

Vergelijken we de N-afvoer tussen Telers 2 en 3 (beide ras Asterix) dan valt bij Teler 2 de hoge afvoer op, gepaard aan hoge opbrengst en laag overschot. De hoge afvoer kan veroorzaakt zijn door hoge N-levering uit de bodem, of door hoge terugwinning van toegediende N. Omdat geen onbemeste objecten werden aangelegd is de N-levering onbekend. De terugwinningsfractie van de méérgift (in A resp. B) ten opzichte van behandeling C is met 81% resp. 88% bij Teler 2 duidelijk hoger dan bij Teler 3 (35% resp. 49%). De hoge Nmin en hoge nitraatuitspoeling ondanks laag overschot bij Teler 2 doen vermoeden dat de mineralisatie hier hoog was, en daaruit veel verlies optrad. Verlaging van de N-gift bij Teler 2 had nauwelijks effect op het overschot. Waarom daarbij toch de uitspoeling sterk verminderde is onduidelijk.

Conclusie

Halvering van de N-gift in consumptieaardappel op zand (ten opzichte van gebruiksnorm 2006) leidt tot een relevante daling van opbrengst (hier 4-9%), die hier echter niet significant was. De nitraatuitspoeling wordt daarbij sterk gereduceerd. Ook deze daling was hier niet significant, maar wel fors: ca 80 mg/l bij twee telers. Het N-overschot neemt daarbij flink af (wel significant), bij twee telers met 80-90 kg/ha.

In de gepoolde data werd tussen Nmin en nitraatuitspoeling een goed verband gevonden, maar niet tussen N-overschot en nitraatuitspoeling. Deze bevindingen bevestigen eerdere studies (o.a. Sturen op Nitraat). Dat uitspoeling geen verband houdt met het N-overschot wijst waarschijnlijk op na-jiling: de voorraad organisch-N in de bodem is niet in evenwicht met het opgelegd N-regime. Hoge N-mineralisatie gaat dan gepaard met hoge nitraatuitspoeling en een laag overschot, en *vice-versa*. Bij eenzelfde overschot verschilde de uitspoeling tot 150 mg/l tussen percelen. Nmin als indicator is minder gevoelig voor deze 'verstoring'. Het ontbreken van evenwicht impliceert óók dat opbrengstderivingen bij verlaagde gebruiksnorm op termijn groter zijn dan hier in één jaar is gevonden.

Deze toetsen tonen voor- en nadelen van experimenteren op praktijkpercelen. Door variatie tussen percelen wordt het belang van lokale factoren op de nitraatuitspoeling - bij gelijk N-overschot - duidelijk. Anderzijds maakt deze variatie het moeilijk om duidelijke verbanden vast te stellen, mede door het beperkt aantal herhalingen dat onder praktijkomstandigheden nog hanteerbaar is. Dat grote effecten toch niet significant waren, wordt geweten aan het te lage aantal herhalingen van de objecten (twee).