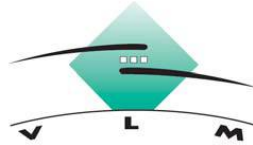


Studie in opdracht van:



VLAAMSE LANDMAATSCHAPPIJ
UW PARTNER IN DE OPEN RUIMTE

Vlaamse Landmaatschappij
Afdeling Mestbank

Analyse van Nitraatstikstofresidumetingen in de tuinbouw

Niet technische samenvatting

VLM/MESTBANK/TWOL2006/MB2006/4

Bodemkundige Dienst van België vzw

W. de Croylaan 48
3001 Leuven-Heverlee



Universiteit Gent
Vakgroep Bodembeheer en bodemhygiëne
(UGBB)
Coupure Links 653
9000 Gent



Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen
Faculty of Bioscience Engineering

Colofon

BDB Projectnummer: P/00/067
Publicatiedatum: mei 2008
Document: nitraatresidu tuinbouw_080523_NTS_DEF.doc

Inhoud

1. INLEIDING	1
2. DEEL I: ENQUÊTERING EN GEGEVENSVERWERKING	2
2.1 UITVOERING EN VERWERKING VAN DE ENQUÊTE	2
2.1.1 BEVRAGING VAN DE TUINDERS	2
2.1.2 BEOORDELING VAN EEN AANTAL INDIVIDUELE ENQUÊTES	3
2.1.3 OORZAKEN VAN ONZEKERHEID OP DE DIVERSE BALANSPOSTEN	3
2.1.4 BEMERKINGEN VAN DE DEELNEMENDE TUINBOUWERS	5
2.2 INTERPRETATIE VAN DE RESULTATEN EN CONCLUSIES	5
2.2.2 BESCHRIJVING VAN DE DATASET EN RELATIE MET HET GEMETEN RESIDU	6
2.2.3 BALANSBEREKENINGEN	8
2.2.4 ONZEKERHEIDSANALYSE VAN DE BALANSBEREKENINGEN	10
2.3 RESULTATEN DEMOPERCELEN PROEFCENTRA	11
2.3.1 RESULTATEN VAN DE BALANSBEREKENINGEN	11
2.3.2 CONCLUSIES	12
3. DEEL II: DESKSTUDIE	13
4. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN - NITRAATRESIDUNORMEN VOOR DE TUINBOUW	15
4.1 CONCLUSIES	15
4.2 SPECIFIEKE AANBEVELINGEN	19

Lijst van tabellen:

Tabel 1: Overzicht van de onzekerheden op de balansposten	4
Tabel 2: Kengetallen van de dataset	11
Tabel 3: Gemeenschappelijke balansonderdelen	12

Lijst van figuren

Figuur 1: Schematische weergave van de bodembalans	2
Figuur 2: N-residu tijdens het najaar van 2006 voor 12 verschillende teelten	6
Figuur 3: Aantal ingevulde enquêtes per hoofdteelt (met hoofdteelt wordt de eerste teelt in 2006 op een bepaald perceel bedoeld)	7

Verkorte samenvatting

Uit onderzoek is gebleken dat het najaarsnitraatstikstofresidu in de Vlaamse tuinbouwpercelen de huidige norm van 90 kg per ha vaak overschrijdt. In opdracht van de VLM, afdeling Mestbank werd in 2007 door een consortium bestaande uit de Bodemkundige Dienst van België en de Vakgroep Bodembeheer en Bodemhygiëne van de Universiteit Gent een studie uitgevoerd met als doel inzicht te verwerven in de oorzaken van deze hoge residu's, residuverlagende maatregelen voor te stellen en zo mogelijk aangepaste, praktisch haalbare en wetenschappelijk onderbouwde normen te formuleren.

Deel 1 van de studie omvat de analyse van de meetresultaten van de residu's uit 2006 en hieraan gekoppelde data die enerzijds werden bekomen via een bevraging van de telers en anderzijds werden afgeleid uit andere gegevens. Het tweede luik bestaat uit een deskstudie van de beïnvloedende factoren.

In totaal werden van 284 van de 849 aangeschreven telers antwoorden ontvangen waarvan na screening op volledigheid en consistentie er 224 werden weerhouden voor verdere analyse. De meest voorkomende teelten waren prei, bloemkool, spinazie, wortelen en spruitkool. De gemeten residuwaarden lagen in het algemeen hoog voor alle gewassen, met uitzondering van spruitkolen, schorseneren en wortelen. De spreiding binnen eenzelfde gewas lag eveneens aan de hoge kant. Vrije commentaren van de telers hadden onder meer betrekking op de onaangepaste periode voor staalname bij bepaalde teelten en op de noodzaak voor bijbemesting laat in het seizoen.

De dataset werd onderworpen aan een onzekerheidsanalyse met behulp van een Monte Carlosimulatie. Voor elk van de weerhouden percelen werd een nitraatstikstofbalans opgesteld waarna de resultaten werden getoetst aan de werkelijke meetwaarden. Voor een meerderheid van percelen lag de afwijking tussen gemeten en berekende waarde binnen de (brede) marge die aangegeven werd door de onzekerheidsanalyse. Statistisch significante verbanden konden voor geen enkele van de onderzochte factoren worden aangetoond. Toch was duidelijk dat mineralisatie uit bodemhumus en uit gewasresten vaak onderschatte bijdragen leveren tot het balansoverschot.

Parallel aan dit onderzoek werden de resultaten bekeken van een demonstratieproject waarin voor 15 percelen in de periode 2006-2007 de courante praktijken van de deelnemende tuinders paarsgewijs werden vergeleken met alternatieve behandelingen voorgesteld door de proeftuinen. Uit de vergelijking blijkt dat mits toepassing van aangepaste technieken een belangrijke verlaging van de nitraatresidu's mogelijk is, maar ook dit blijkt geen garanties te bieden voor het behalen van de norm.

Uit de studie van de beïnvloedende factoren voor de hoge residu's komen de volgende oorzaken naar voren:

- *een hoge mineralisatiepotentieel van de percelen omwille van belangrijke historische aanvoer van dierlijk mest en andere organische meststoffen*
- *moeilijke inschatting van aanlevering van nutriënten uit andere bronnen dan bemesting*
- *relatief hoge behoefte aan voldoende N aanbod tot aan het oogsttijdstip*
- *verlate opname van nutriënten door (belangrijke) gewassen als bloemkool, broccoli, knolselder en prei*
- *bepaalde bewortelingsdiepte*
- *late inzaai van groenbedekkers*

De aanbevelingen naar een betere residubeheersing spitsen zich toe op het verwerven van een verhoogd inzicht in al de posten van de stikstofbalans, in het bijzonder de aanlevering uit mineralisatie van bodemorganische stof en uit gewasresten, het gebruik en de verfijning van de bemestingsadvisering, alsook aanpassingen aan de gewasrotatie. Met betrekking tot de normering wordt voorgesteld bij nog groeiende gewassen de staalname te laten plaatsvinden zo dicht mogelijk bij de oogstdatum en rekening te houden met de bewortelingsdiepte van de gewassen. Om de impact van afwijkende weersomstandigheden uit te filteren kunnen de gemeten residuwaarden getoetst worden aan deze afkomstig van referentiepercelen. Implementatie op vrijwillige basis van een lastenboek 'engagement nitraat' tenslotte zou het huidige systeem van boetes en begeleidende maatregelen kunnen vervangen of aanvullen.

English summary

Research has shown that the nitrate concentration in the upper 90 cm of the Flemish horticultural land frequently exceeds the maximum allowable level of 90 kg per hectare. In 2007, on-behalf of the Manure bank of the Flemish Land Agency, a consortium consisting of the Soil Service of Belgium and the Department of Soil Management and Soil Hygiene of the Ghent University carried out a study in order to gain better insight into the causes of high residue levels, to formulate reduction measures and to propose specific, realistic and scientifically sound standards.

Part I of the study consists of an analysis of the results of the 2006 nitrate level controls and corresponding field information obtained through survey of the farms concerned or generated from existing data. The second part consists of a desk study of the determining factors.

In total 284 replies were received out of a total of 849 growers contacted, 224 whereof were withheld for further processing after a screening on completeness and consistency. The most common crops were leek, cauliflower, spinach, carrots and Brussels sprouts. The measured residues were generally high for all crops with the exception of Brussels sprouts, salsify and carrots, however with a rather high variation within each crop. Comments of the growers focused among others on the allegedly inappropriate period of sampling for certain crops as well as on the need for sustained high levels of nutrients throughout season.

The dataset was submitted to uncertainty analysis using a Monte Carlo simulation. For each of the parcels withheld, a nitrate balance was calculated, the results whereof were compared with the actually measured figures. For the majority of the parcels, the difference between measured and calculated values remained within the margins provided by the uncertainty analysis. Statistically significant links could not be established for any of the explaining variables. However it appeared clearly from the analysis that the contribution to the nitrate balance from mineralisation of soil humus and of crop residues is all too often underestimated.

Results from a 2006-2007 field demonstration project, in which the common practices of 15 vegetable growers were compared side by side with alternative techniques proposed by three horticultural research stations, were equally analysed. From this it appears that the introduction of appropriate methods would considerably reduce the nitrate residues, without significant impact on yield level or crop quality. However applying these practices does not guarantee either that the legal norm of 90 kg per hectare would be respected.

Part II of the study puts forward the following elements as the major factors explaining the high residues in horticulture:

- *the high mineralisation potential of the horticultural land due to an important historical supply of manure and other organic fertilisers*
- *inadequate estimation by the growers of the supply of nutrients from sources other than manure and fertilisers*
- *the need to maintain relatively high levels of soil nutrients up to the period of harvest*
- *late uptake of nutrients by major horticultural crops such as cauliflower, broccoli, celery and leek*
- *limited rooting depth*
- *late sowing of green manure*

Recommendation for better residue control focus on improving the grower's insight into all the elements of the nitrogen balance, in particular the supply from mineralisation of organic



matter and crop residues, the use and fine-tuning of fertiliser advice, as well as adaptations of the crop rotations. With respect to standard setting, it was proposed to carry out the control sampling as closely as possible to the harvest date and to take into account the rooting depth of the crops. In order to filter out the seasonal effects of rainfall and temperature, the measured values could be compared with the results from reference fields. The implementation of a 'grower's nitrate commitment' could replace or complement the current system of fines and accompanying measures.

1. Inleiding

Uit eerdere metingen is gebleken dat de hoeveelheden nitraatresidu's die in het najaar worden aangetroffen in de Vlaamse tuinbouwgronden vaak hoge waarden bereiken, waardoor ook het uitspoelingsrisico hoog is. De kennis over de relatie tussen het niveau van het residu enerzijds, en de gebruikte bemestingspraktijken en teeltmethoden van de Vlaamse groententeelt anderzijds is tot op heden niet gebundeld. Derhalve werd door de Vlaamse Landmaatschappij, afdeling Mestbank aan een consortium bestaande uit de Bodemkundige Dienst van België en de vakgroep Bodembeheer en Bodemhygiëne van de Universiteit Gent de opdracht gegeven de huidige studie uit te voeren, met focus op de sector van de vollegrondsgroenten.

De studieopdracht bestond enerzijds uit een uitgebreide analyse te maken van de nitraatstikstof-residumetingen van het najaar 2006 op percelen voor vollegrondsgroenten door deze metingen te correleren met bemestings-, teelttechnische en andere gegevens, onder meer verkregen door bevraging van de telers. Hiervoor werd de techniek van de balansberekening ingezet.

Daarnaast werden in een tweede deel in een deskstudie de beïnvloedende factoren voor de nitraatresidu's vanuit een wetenschappelijk standpunt kwalitatief en kwantitatief opgelijst.

Op basis van de studie werden praktisch haalbare en wetenschappelijk onderbouwde residunormen voor de tuinbouw voorgesteld. Daarnaast werd een oplisting gemaakt van de teelttechnische aanpassingen nodig om deze normen te kunnen respecteren.

In de studie werden tevens de resultaten opgenomen en verwerkt van een demonstratieproject van de proeftuinen van de jaren 2006 en 2007 waarin de eigen behandelingen van de tuinbouwers vergeleken worden met de alternatieve strategieën voorgesteld door de proeftuinen.

2. Deel I : Enquêtering en gegevensverwerking

2.1 Uitvoering en verwerking van de enquête

2.1.1 Bevraging van de tuinders

Voor dit eerste deel van het onderzoek stelde de Mestbank de digitale gegevens van de nitraatresidumetingen op de groentepercelen ter beschikking van de periode 1 oktober tot 15 november 2006. Het betreft in totaal 849 percelen waarvan 691 percelen ‘andere vollegrondsgroenten’, 56 spruitkool, 17 tuinveldbonen, 85 boomkweek en sierteelt. Gegevens met betrekking tot de identiteit van de teler werden verwijderd.

In samenspraak met de stuurgroep werd een vragenlijst opgesteld en verzonden aan de telers. Daarnaast werd het initiatief via de vakbladen en in telersvergaderingen aangekondigd met het oog op de verbreding van de betrokkenheid van de ganse sector. Om de respons te vergroten werden de telers die na zes weken niet geantwoord hadden telefonisch gecontacteerd of persoonlijk bezocht. Al deze acties resulteerden in een respons van 284 enquêtes, wat neerkomt op 34 %. Dit is al bij al een behoorlijk resultaat te noemen, rekening houdend met de gevoeligheid van de materie.

De bekomen gegevens werden door het onderzoeksconsortium in een hiervoor opgezette databank ingebracht (Access formaat) met het oog op de statistisch verwerking. Alle gegevens werden manueel gescreend op hun consistentie en volledigheid.

In een volgende fase werd per individueel perceel een balansberekening gemaakt waarbij de diverse posten in de balans werden begroot (figuur 1). Naast de gegevens van de enquête zelf werd waar nodig tevens gebruik gemaakt van gegevens uit andere databanken of uit de literatuur. In bepaalde gevallen werden wetenschappelijk gefundeerde aannames gemaakt (bv. voor de inschatting van de voorjaarsreserve of voor het vastleggen van ontbrekende data) of werden doorrekeningen uitgevoerd (bv voor de begroting van de uitspoeling).

N-Aanvoerposten	N-Afvoerposten
N-reserve in het voorjaar in het bodemprofiel	N-opname door gewas
Verwachte N-mineralisatie uit bodemhumus, oogstresten, groenbemester	N-opname door groenbemester
Toegediende minerale stikstofbemesting	Eventuele N-verliezen tijdens de teelt (ammoniakvervluchtiging, immobilisatie, denitrificatie, uitspoeling)
N-vrijstelling uit toegediende dierlijke en andere organische meststoffen	Nitraatresidu

Figuur 1: Schematische weergave van de bodembalans

2.1.2 Beoordeling van een aantal individuele enquêtes

Op basis van een eerste analyse door het onderzoeksconsortium werd vastgesteld dat het te onderzoeken pakket tuinbouwgewassen tamelijk ruim was, waardoor voor de meeste teelten uiteindelijk weinig gegevens ter beschikking waren. Enkel voor prei en bloemkool waren in voldoende mate gegevens aanwezig om een eerste analyse door te voeren (± 50 enquêtes). Voor deze eerste analyse werden van beide teelten de tien hoogste en tien laagste waarden geselecteerd en werd nagegaan of deze waarden logischerwijze verklaard konden worden en welke de belangrijkste beïnvloedende factoren waren. Voor elk van deze waarden werd individueel nagegaan waarom een bepaalde landbouwer een bepaalde waarde bekomen had. Hoewel er via de enquêtes naar gestreefd werd om zo veel mogelijk gegevens ter beschikking te hebben, moet toch gesteld worden dat de beschikbare informatie in een aantal gevallen te beperkt was om een volledige verklaring voor de cijfers te kunnen geven.

Nochtans bleek de verklaring voor wat betreft de laagste waarden in de meeste gevallen gewoon terug te brengen tot een correcte bemesting. Dit houdt in dat de landbouwers, naast het opvolgen van een advies, bv. rekening gehouden met het vrijkomen van stikstof uit oogstresten of hebben ze minder bemest dan volgens het advies nodig was, omdat ze voldoende rekening hielden met hun perceelskarakteristieken (hoog organische koolstofgehalte en frequente toedieningen van varkensdrijfmest en stalmest in het verleden).

Voor wat betreft de hoge waarden kwamen meestal een viertal bepalende factoren naar voor:

1. Hoge hoeveelheden nitraatstikstof in de laag 60-90 cm
2. Te hoge bemesting
3. Onvoldoende rekening gehouden met de mineralisatie uit de organische stof van de bodem
4. Niet of onvoldoende rekening gehouden met mineralisatie uit de oogstresten bij dubbele teelten

Daarnaast werden sporadisch nog een aantal andere zaken vastgesteld, zoals het bemesten van een gescheurde weide, het opnieuw planten van bloemkool spijs de aanwezigheid van een bodemziekte in de eerste teelt, het te laat inzaaien van groenbemesters na een vroege teelt, etc.

Verder blijkt dat de kennis van de telers omtrent de belangrijkste aanvoerposten vaak onvoldoende is, waardoor de bemestingshoeveelheid niet aangepast is aan de behoefte van de gewassen.

2.1.3 Oorzaken van onzekerheid op de diverse balansposten

Hieronder worden voor de aan- en afvoerposten van de balans de voornaamste bronnen van onzekerheid samengevat en becommentarieerd.



Tabel 1: *Overzicht van de onzekerheden op de balansposten*

Aanvoerposten	
N-reserve in het voorjaar	Hoge variatie mogelijk in functie van najaarsresidu , bodem- en weersomstandigheden in de winter
N-mineralisatie uit bodemhumus	Hoge variatie mogelijk in functie van OS-voorraad, perceelshistoriek en weersomstandigheden
N-mineralisatie uit oogstresten	Variatie in functie van aard en hoeveelheid oogstresten en weersomstandigheden
N-mineralisatie uit groenbemester	Hoge variatie mogelijk in functie van soort en ontwikkelingsgraad bij inwerken
Minerale meststoffen	Beperkte onzekerheid op mineraleninhoud en snelheid van vrijstelling
N-vrijstelling uit dierlijke en andere organische meststoffen	Hoge variatie mogelijk in functie van samenstelling, tijdstip en methode van toediening
Atmosferische N-depositie	Beperkte variatie in functie van geografische ligging
Afvoerposten	
N-opname door gewas	Beperkte variatie in functie van gewassoort, gewasontwikkeling en oogstniveau
N-opname door groenbemester	Variatie in functie van ontwikkelingsgraad bij inploegen
N-verlies door ammoniakvervluchtiging	Variatie in functie van tijdstip en methode van toediening organische mesten
N-verlies door immobilisatie	Enkel relevant in bodems met zeer hoge koolstof/stikstof verhouding
N-verlies door denitrificatie	Beperkt verlies te verwachten in zeer zware bodems
N-verlies door uitspoeling	Beperkt verlies tijdens groeiseizoen enkel te verwachten op zandige bodems en bij hoog neerslagoverschot

2.1.4 Bemerkingen van de deelnemende tuinbouwers

Op de enquête was plaats voorzien waar de landbouwer eventuele bijkomende specifieke omstandigheden kon vermelden die belangrijk konden zijn bij de beoordeling van het nitraatresidu.

Heel wat landbouwers hebben deze gelegenheid benut om hun ongenoegen te uiten over de huidige gang van zaken bij de meting van het N-residu. Zo was een veel gehoorde klacht van preitellers dat er nog een teelt op het veld stond bij staalname. Occasioneel kwam deze misnoegdheid ook voor bij landbouwers die nog een teelt bloemkool, wortelen, spruitkool, schorseneren of struikbonen op het veld hadden staan. Hiermee samenhangend werd vaak aangekaart dat de staalname gebeurd is na een recente (bij)bemesting, die juist bedoeld was om deze late teelten van voldoende stikstof te voorzien. Daarnaast kon het gebeuren dat niet lang voor de residumeting oogstresten – van een teelt die eind september of begin oktober van het veld was gehaald – waren ondergewerkt.

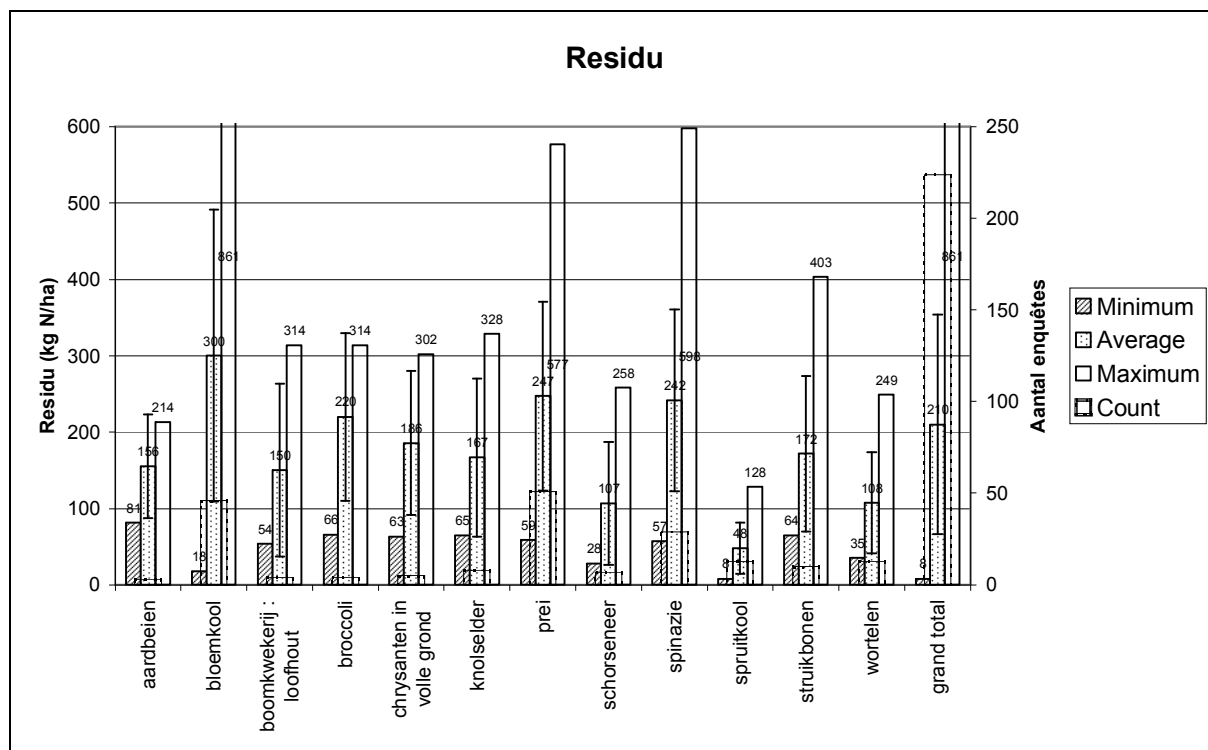
Ook de uitzonderlijke weersomstandigheden van 2006 werden regelmatig aangehaald als argument om een hoog residu te verantwoorden. Zo zou de zeer droge en warme julimaand de teeltopkomst en de vrijzetting van stikstof uit meststoffen kunnen vertraagd hebben. Dit zou enerzijds geleid kunnen hebben tot een lagere totale stikstofopname (en dus een groter overschot in het najaar), en anderzijds tot een verlate mineralisatie van het overschot aan meststoffen in de bodem, zeker gezien het feit dat oktober 2006 nog relatief warm en vochtig is geweest.

Ook oogstmislukking ten gevolge van droogte, ziekte of plaag werd genoemd als een mogelijke verklaring voor een te hoog N-residu.

2.2 Interpretatie van de resultaten en conclusies

2.2.1.1 Gemeten N-residu

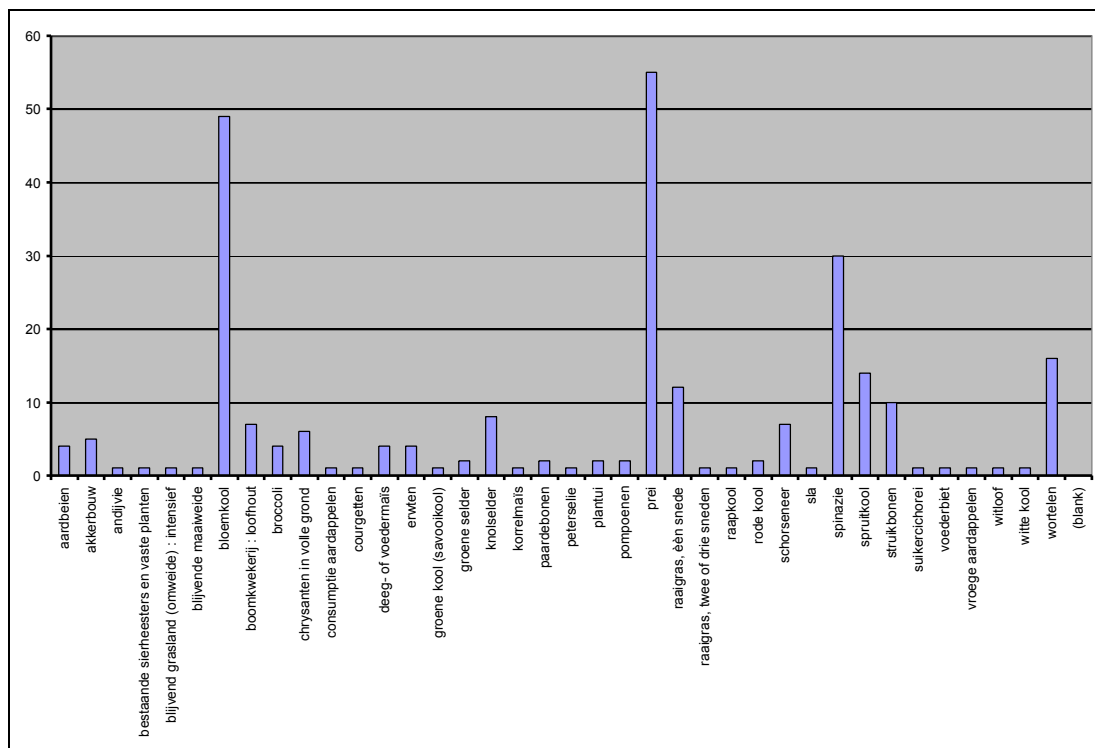
De gemeten residu's voor de 12 belangrijkste teelten worden voorgesteld in de volgende figuur. Ook binnen een bepaalde teeltgroep is de variatie opvallend groot. Zeker bij de percelen met bloemkool als hoofdteelt, maar ook bij die met prei en spinazie, is de standaardafwijking aanzienlijk. Dit wijst erop dat er slechts een beperkt verband bestaat tussen teelt en N-residu, m.a.w. dat het N-residu eerder afhankelijk is van perceelsgerelateerde factoren (zoals teeltrotatie; al dan niet inzaaien van een groenbemester; datum, dosis en aard van toegediende bemesting) dan van de teelt zelf.-gerelateerde factoren. Dit wordt benadrukt door het feit dat binnen elke teeltgroep voorbeelden bestaan van percelen die wél een residu beneden de norm van 90 kg N/ha halen. De eventuele met deze lage residu's gerelateerde oogstkwantiteit en -kwaliteit valt natuurlijk niet uit bovenstaande figuur af te leiden. Ook opvallend zijn de lage gemiddelde residu's bij spruitkolen. Deze worden verklaard door de hoge N-opname tot laat in het groeiseizoen en door de grote bewortelingsdiepte bij deze teelt.



Figuur 2: N-residu tijdens het najaar van 2006 voor 12 verschillende teelten

2.2.2 Beschrijving van de dataset en relatie met het gemeten residu

Hieronder wordt al dan niet aan de hand van grafieken de dataset verder toegelicht met aandacht voor de beschikbaarheid van gegevens per teelt, de geografische spreiding van de teruggestuurde enquêtes en het aantal ingevulde enquêtes per textuurklasse. Belangrijk is dat de hier voorgestelde figuren betrekking hebben op de VOLLEDIGE dataset (284 percelen), in tegenstelling tot het volgende deel, waar de figuren refereren naar een uitgezuiverde dataset (224 percelen). De uitzuivering gebeurde op basis van de volgende 3 criteria : minstens één hoofdteelt vermeld, minstens één vorm van bemesting ingevuld, en minstens één groentegewas verbouwd tijdens 2006.



Figuur 3: Aantal ingevulde enquêtes per hoofddeelt (met hoofddeelt wordt de eerste teelt in 2006 op een bepaald perceel bedoeld)

De vijf (numerisch) belangrijkste hoofddeelten binnen deze studie zijn: prei (55 enquêtes), bloemkool (49 enquêtes), spinazie (30 enquêtes), wortelen (16 enquêtes) en spruitkool (14 enquêtes). Gezien voor deze teelten de meeste informatie beschikbaar is, werd tijdens het verdere verloop van de studie vooral hierop gefocust. Een deel van voorgenoemde enquêtes werd echter in een later stadium geweerd, omdat het onderdeel bemesting niet ingevuld was.

De meeste teruggestuurde enquêtes afkomstig zijn van de provincie West-Vlaanderen. Dit is voor een groot deel te danken aan het feit dat de meerderheid van de enquêtes (656 van de 835) naar deze regio werden verstuurd. Daarnaast werden 22 van de 835 enquêtes naar de regio 1000 opgestuurd, 45 naar de regio 2000, 37 naar de regio 3000, 74 naar de regio 9000. Deze ongelijke verdeling hangt samen met het belang van de openlucht tuinbouw in de respectievelijke regio's.

Opvallend is hoe zandleem als grondsoort in zowat alle residucategoriën bij zowat alle teelten domineert. Kleibodems daarentegen komen zelden voor bij de onderzochte percelen. Dit wordt verklaard door het feit dat tuinbouwgewassen in het algemeen beter gedijen in lichtere gronden. Er blijkt direct geen verband tussen textuur en nitraatresidu. Bij de teelten bloemkool en prei bijvoorbeeld zijn zowel zwaardere als lichtere texturen vertegenwoordigd in de residucategorie ≥ 150 kg N/ha. Bij spinazie komen de meeste percelen in de hoogste residucategorie voor op een zandbodem.

Bij percelen met een eerste teelt bloemkool, spinazie en wortelen was het gewas meestal van het veld is bij een residumeting. Prei en spruitkolen daarentegen staan meestal nog op veld tijdens de periode van staalname. Er blijkt een zeker verband te zijn tussen oogstdatum en nitraatresidu.

Bij een eerste teelt prei wordt bijna nooit een groenbemester ingezaaid, bij een eerste teelt spruitkool zelfs nooit. Dit is logisch, aangezien deze teelten pas laat van het veld worden gehaald. Ondanks de pertinente afwezigheid van een groenbemester bij spruitkool, ligt het residu bij de meeste spruitkoolpercelen onder de wettelijke norm, terwijl bij preipercelen onder dezelfde omstandigheden (en bij een zelfde gemiddelde oogstdatum) het residu in de meeste gevallen 150 kg N/ha overschrijdt. Enkel bij een eerste teelt spinazie hebben percelen met een groenbemester meestal de overhand. Desondanks worden de meeste spinaziepercelen gerangschikt onder de residucategorie ≥ 150 kg N/ha. Algemeen kan men stellen dat de aanwezigheid van een groenbemester in de rotatie op zich geen garantie biedt voor een laag najaarsresidu.

De gegevens laten niet toe een eenduidig verband te leggen tussen koolstofgehalte in de bodem en het voorkomen van hoge nitraatresidu's. Toch blijken voor de meeste gewassen de hoogste residu's zich te situeren op percelen met een hoger gemiddeld organische stofgehalte. Enkel voor prei is dit niet het geval. Dit kan er mogelijk op wijzen dat stikstofmineralisatie vanuit de bodem organische stof een onderschatte factor is in de stikstofbalans waarmee onvoldoende rekening wordt gehouden in het bemestingsplan.

2.2.3 Balansberekeningen

2.2.3.1 Aan- en afvoerposten

Bij de berekening van de balansen werden aan- en afvoerposten op de volgende manier begroot.

De voorjaarsnitraatreserve is voor de percelen in kwestie niet bekend en werd ingeschat op basis van de analyses uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst in het voorjaar 2006 voor vergelijkbare percelen. De gemiddelde voorjaarsreserve is vrij gelijkaardig voor alle teelten, en situeert zich tussen 60 en 80 kg N/ha.

De N-opname werd begroot op basis van literatuurgegevens, waarbij rekening diende gehouden te worden met de specifieke omstandigheden van elk perceel (dubbele teelten, ontwikkelingsstadium van gewas of groenbedekken op tijdstip van staalname, enz. Dit verklaart de vrij grote spreiding voor deze balanspost.

De toegediende minerale N-bemesting (volgens cijfers meegedeeld door de landbouwers) situeert zich in grote lijnen tussen 25 en 150 kg N/ha, en is sterk gerelateerd aan het gewas. Opvallend is dat voor een een 26-tal percelen geen

Mineralisatie van oogstresten werd berekend op basis van literatuurgegevens voor hoofdteelt en eventuele volgteelt en zonodig aangepast voor zaai- en oogsttijdstip. De cijfers lopen erg uit elkaar in functie van het gewas en liggen vooral hoog voor bloemkool en broccoli.

De aanrijking van de bodem tijdens het groeiseizoen van 2006 ten gevolge van de mineralisatie van bodemhumus werd ingeschat op basis van het gekende of berekende koolstofcijfer en de tekstuur. Bij gebrek aan informatie werd geen rekening gehouden met de voorgeschiedenis van het perceel. De gemiddelde bedraagt 136 kg N/ha en de globale standaardafwijking bedraagt ongeveer 30 kg N/ha.

De aanlevering van stikstof vanuit de toegediende organische mest werd berekend op basis van de door de telers opgegeven dosissen en mestsoort en van de gemiddelde samenstelling, rekening houdend met de werkingscoëfficiënt en toedieningstijdstip. Toedieningen in voorgaande jaren werden niet in rekening gebracht omdat er vanuit gegaan wordt dat deze intussen zijn opgegaan in de bodemhumus.

2.2.3.2 Balansresultaat

Een balans in evenwicht wil zeggen dat realistische aannames en metingen zijn gebeurd voor de begroting van de input- en outputparameters, maw. een grote afwijking van het evenwicht wijst op een foutieve inschatting van één of meerdere parameters van de balans.

Het gemiddelde balansresultaat is lichtjes negatief: -52 kg N/ha. Bloemkool en spinazie kennen gemiddeld gezien de meest negatieve balansen, met respectievelijk een resultaat van -196 en -112 kg N/ha. Voor broccoli is de gemiddelde balans slechts -53 kg N/ha. Schorsenen hebben duidelijk de meest positieve balans (met een gemiddeld resultaat van 142 kg N/ha). Bij andere teelten, zoals knolselder, prei, spruitkool en struikbonen is de balans vrijwel in evenwicht.

Er zit een zeer grote spreiding op de resultaten; de standaardafwijking bedraagt globaal gezien 180 kg N/ha.

Bij de onderzochte bloemkoolpercelen kunnen enkele zeer negatieve balansen opgemerkt worden; het laagste balansresultaat bedraagt niet minder dan -927 kg N/ha. De balansresultaten bij de overige teelten situeren zich grofweg tussen minimaal - 400 kg N/ha en maximaal 300 kg N/ha. Bij wortelen en struikbonen zitten een aantal relatief positieve balansen, met maxima die respectievelijk 324 en 312 kg N/ha bedragen.

2.2.3.3 Verband tussen gemeten nitraatresidu en aan- en afvoerfactoren (alle gewassen)

Aan de hand van lineaire regressies werd in de studie naar verbanden gezocht tussen de aan- en afvoerposten en de gemeten nitraatresiduwwaarden. Omwille van de hoge variabiliteit in de dataset bleek de correlatie in de meeste gevallen zwak te zijn. Toch konden enkele belangrijke conclusies getrokken worden.

- gewasopname is in het algemeen groter dan de toegediende bemestingen
- de externe aanvoer van nutriënten (uit bemesting) is slechts voor een klein gedeelte bepalend voor het nitraatresiducijfer en andere factoren zoals mineralisatie uit bodem organische stof en gewasresten spelen een minstens even grotere rol

bij een vergelijking tussen de gemeten en de berekende residu's blijkt dat in ongeveer de helft van de gevallen het verwacht residu hoger dan het gemeten residu, bij de rest van de dataset is het omgekeerde het geval; dit lijkt er op te wijzen dat er geen systematische fout zit in de balansberekening; wel blijkt de spreiding op de cijfers aan de hoge kant te zijn.

2.2.4 Onzekerheidsanalyse van de balansberekeningen

De gegevens die ter beschikking waren voor de balansberekeningen vertoonden een aantal onvolkomenheden en dit ondanks de genomen voorzorgen. Hoewel deze geschatte waarden de best beschikbare waarden zijn, blijven ook hier belangrijke onzekerheden bestaan, die ook hun weerslag hebben op het balansresultaat. Uit voorgaande mag blijken dat de bekomen bodembalansen dus als ruwe benaderingen (maar wel beredeneerde en best beschikbare benaderingen) moeten worden beschouwd. Voor een correcte interpretatie van de balansresultaten werd dan ook binnen het consortium beslist om op de best mogelijke manier een inschatting te berekenen van de onzekerheid op de balansberekeningen aan de hand van zogenaamde Monte Carlo simulaties.

De Monte Carlosimulatie werd uitgevoerd voor 169 velden in totaal, met name voor de belangrijkste situaties (bloemkool, prei, spinazie, knolselder, spruitkool, struikbonen en wortelen. Als resultaat werd voor elk veld een probabilistische verdeling van het balansresultaat bekomen in plaats van één enkele waarde, waaruit dan onzekerheden kunnen worden bekomen.

Als belangrijkste maat voor de onzekerheid op de balansberekeningen werd het 90 % betrouwbaarheidsinterval gekozen. De grenzen van dit interval moeten geïnterpreteerd worden als die waarden waarbinnen de balansberekening zal liggen in 9 op de 10 gevallen. Uit de resultaten blijkt dat het 90 % betrouwbaarheidsinterval zich typisch situeert tussen +100 à 200 en -100 à 200 kg N rondom het gemiddelde van de balansberekeningen. Hoewel dit op het eerste zicht een vrij groot interval lijkt, is dit gebaseerd op realistische en vrij conservatieve inschattingen van de onzekerheid op de parameters. Dit geeft meteen aan dat op het niveau van individuele percelen verschillen van bv. 50 of 100 kg N tussen balansen niet echt relevant zijn in deze studie, gezien zij ruimschoots vallen binnen de berekende onzekerheidsgrenzen. Dit geeft ook aan dat de gegevens die ter beschikking waren voor deze studie niet van optimale kwaliteit waren. Het gemiddelde deficiet op de balans in deze studie was 48 kg N per ha. Gezien de grote onzekerheid op de inputdata kan dit als een vrij goed resultaat worden bestempeld. Zoals gezegd kan dit per veld niet als een echt betekenisvol verschil worden gezien, maar voor alle velden samen nochtans blijkt hieruit dat er toch een tendens was naar een deficitaire balans. Voor die velden waar het balansresultaat zich situeert tussen de -150 en +150 kg is de kwaliteit van de balans als voldoende te beschouwen. Voor een aantal velden situeert zich dat evenwel veel hoger, tot -900 kg N per ha, en voor die velden is er duidelijk een groot probleem met de kwaliteit van de aangeleverde gegevens, en zijn een aantal van de balanscomponenten daardoor totaal verkeerd ingeschat.

2.3 Resultaten demopercelen proefcentra

In het kader van het demonstratieproject ‘Reductie van Reststikstof in de Vollegrondsgroenteteelt, gefinancierd door de Europese Unie Afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling (ADLO) van het Departement Landbouw en visserij, werden door het Proefstation voor de Groenteteelt, het PCG en het POVLT bij vijftien groentetelers demonstratiepercelen aangelegd om het effect van aangepaste strategieën voor de beheersing van het nitraatresidu aan te tonen.

Voor de demonstraties, die liepen over de seizoenen 2006 en 2007, werd het perceel opgesplitst in twee deelpercelen. Het eerste deel werd bemest en behandeld volgens de courante praktijken van de teler. Op het tweede deel werden aangepaste bemestingstrategieën toegepast (verschillende typen (bijvoorbeeld traagwerkende minerale meststoffen, dosering en bemestingstijdstip). Op regelmatige tijdstippen werd het nitraatstikstofgehalte van de bodem bepaald. De frequentie van staalname was hoger in het late najaar en in de zomer. Daarnaast werden gedetailleerde waarnemingen gedaan met betrekking tot de kwaliteit en kwantiteit van de oogst.

2.3.1 Resultaten van de balansberekeningen

Vertrekkend van de dataset van het demonstratieproject (15 x 2 x 2 deelpercelen) werd voor elk deelperceel een stikstofbalans opgesteld. Hierbij werden grotendeels dezelfde principes gevolgd als bij de balansberekeningen uitgevoerd in het kader van het huidige project. Anders dan bij de vorige dataset waren voor de meeste percelen gegevens bekend waren voor de stikstofreserve bij aanvang van het groeiseizoen.

Volgende tabel geeft een aantal kengetallen weer van de dataset en de balansberekeningen.

Tabel 2: Kengetallen van de dataset

Kengetal	Praktijkvelden tuinbouwer	Praktijkvelden proeftuinen
Gemiddelde voorjaarsreserve (kg N/ha)	116,0	109,0
Gemiddelde toediening minerale meststoffen (kg N/ha)	193,9	156,5
Gemiddelde bruto toediening organische meststoffen (kg N/ha)	158,8	80,3
Gemiddelde toediening organische meststoffen volgens werkingscoëfficiënt (kg N/ha)	60,3	20,5
Gemiddeld gemeten najaarsnitraatresidu (kg N/ha)	241,5	170,4
Gemiddeld berekende najaarsnitraatresidu (kg N/ha)	267,0	183,3
Gemiddeld verschil tussen berekend en gemeten najaarsresidu (kg N/ha)	- 25,5	- 12,9
Standaardafwijking verschil tussen berekend en gemeten najaarsresidu (kg N/ha)	158,4	134,4
Aantal waarnemingen	30	30

De volgende tabel geeft de balansonderdelen weer waarvoor geen differentiatie werd doorgevoerd voor de deelpercelen, omdat deze telkens identiek worden geacht voor beide deelpercelen (zelfde bodemkarakteristieken, gewassen, zaai- en oogstdatum).

Tabel 3: *Gemeenschappelijke balansonderdelen*

Balansonderdeel	Waarde
Gemiddelde opname door gewassen (kg N/ha)	292,7
Gemiddelde mineralisatie gewasresten (kg N/ha)	45,3
Gemiddelde mineralisatie bodemorganische stof (kg N/ha)	157,1
Gemiddelde opname door groenbemesters (kg N/ha)	16,0

Uit Tabel 2 kan men afleiden dat de afwijking tussen de gemeten en de berekende residu's zowel bij de tuinders als bij de proeftuinen gemiddeld niet zeer ver van de nulwaarde afwijken (respectievelijk - 25,5 en - 12,9 kg N/ha). De standaardafwijking binnen de verschillen tussen gemeten en berekend residu bedraagt evenwel respectievelijk 158,4 kg N voor de percelen van de telers en 134,4 kg N voor deze van de proeftuinen, wat vergelijkbaar is met de standaardafwijking bekomen uit de dataset van het onderzoek op basis van de enquêtes bij de teler (180 kg N/ha). Voor veel deelpercelen is er derhalve toch nog een duidelijk verschil tussen het gemeten nitraatresidu en de berekende waarden op basis van de gevolgde balansberekening.

Gemiddeld ligt het gemeten nitraatresidu in de deelpercelen van de proeftuincentra een 70-tal kg N/ha lager dan in de velden van de telers. In slechts 5 van de 30 gevallen (volledige dataset van 15 lokaties maal 2 jaar) blijken de nitraatresidu's op de percelen van de telers lager uit te vallen dan op het overeenkomstige perceel van de proeftuinen. Wanneer een paarsgewijze statistische vergelijking wordt gemaakt blijken de resultaten op de deelpercelen van de proeftuinen significant beter te zijn dan op deze van de telers.

2.3.2 Conclusies

Algemeen blijkt dat de bemestingstrategieën voorgesteld door de proefcentra vrijwel systematisch lagere nitraatresidu's opleveren, en dit bij een gelijkblijvende of licht verlaagde opbrengst. In één enkel geval lagen de opbrengsten op het deelperceel van het proefcentrum hoger dan op dit van de teler. De gevolgde bemestingsstrategie is vooral gebaseerd op het regelmatig meten van de beschikbare minerale stikstof tijdens het groeiseizoen. Dit project heeft duidelijk aangetoond dat er mogelijkheden zijn om de nitraatresidu's in de groenteteelt te verlagen.

3. Deel II: Deskstudie

In de deskstudie werden drie items besproken, die telkens werden uitgesplitst naar de verschillende factoren die deze items beïnvloeden. Het betrof:

1. De nitraatresidu-beïnvloedende factoren, dit zowel aan de aanvoer- als aan de afvoerszijde:
 - Nitraatreserve in het voorjaar: is de hoeveelheid minerale stikstof in het bodemprofiel na de winter
 - Stikstofmineralisatie uit bodemorganische stof: is de omzetting van organische stikstof in NH_3 , welke in de meeste bodems stabiliseert als NH_4^+ . In een volgende stap wordt NH_4^+ omgezet tot NO_3^- .
 - Stikstofvrijstelling uit oogstresten: is een potentieel zeer belangrijke aanvoerpost van stikstof voor gewasgroei, maar stelt tegelijkertijd risico's met betrekking tot stikstofverliezen indien het beheer van deze oogstresten niet optimaal is.
 - Samenstelling dierlijke mest - bemestingswaarde: organische meststoffen zijn samengestelde meststoffen zodat voor een beredeneerd gebruik de bemestingswaarde van de verschillende plantenvoedingsstoffen in rekeing moet worden gebracht.
 - Bemestingsdosering en tijdstip van toediening: een stikstofgift is idealiter gericht op het dichten van de kloof tussen enerzijds de stikstofvraag van het gewas en anderzijds het stikstofaanbod in het bodemprofiel, dit op elk ogenblik van het groeiseizoen. Deze strategie vereist kennis betreffende het stikstofopnamepatroon van het gewas en de stikstofdynamiek in het bodemprofiel.
 - Opbrengsten, N-opname door de teelt en bemesting: verschillende groenten vereisen aangepaste bemestingsstrategieën
 - Nateelt en groenbemester: om het stikstofresidu in het bodemprofiel in het najaar te reduceren, kan na de oogst van het gewas een nateelt of groenbemester worden ingezaaid.
 - Weersinvloeden: klimatologische omstandigheden bepalen mee de mineralisatiegraad alsook de hoeveelheid N-uitspoeling en N-opname door het gewas.
2. Benaderingsmethoden voor het nitraatstikstofresidu:
 - Latent N_{\min} -relikwaat: is de minimale hoeveelheid anorganische stikstof die in het bodemprofiel, in functie van de bewortelingsdiepte van het gewas, aanwezig moet zijn op het ogenblik van de maximale N-inhoed van het gewas.
 - Surpluscurve: duidt aan tot op welk punt, bij toenemende bemesting, de hoeveelheid stikstof die in het bodemprofiel achterblijft bij de oogst redelijk constant blijft (verzadigingspunt)

3. Teelttechnieken in relatie tot het nitraatstikstofresidu.

- Optimaliseren van de bemestingsadviesing: met een uitgebalanceerd bemestingsadvies wordt gestreefd naar een optimale opbrengst en kwaliteit van het geoogste product enerzijds als naar een minimale impact op het milieu anderzijds
- Keuze van de meststoffen: oordeelkundig gebruik van meststoffen vereist kennis omtrent de samenstelling en de werkzaamheid van het product
- Plaatsing van de meststoffen: meststoffen dienen op een dusdanige manier aangebracht te worden dat ze voldoende bereikbaar zijn voor de plantenwortels terwijl de totale toegediende dosis per hectare laag kan worden gehouden.
- Optimalisatie van de vochtvoorziening: kunstmatige beregening kan een belangrijk hulpmiddel zijn in het streven naar een optimale productie en minimale stikstofuitspoeling op voorwaarde dat de beregeningsdossissen en -tijdstippen afgestemd zijn op de specifieke eigenschappen van het perceel, de actuele weersomstandigheden en de specifieke behoefte van het gewas in elk stadium van de ontwikkeling
- Na-oogstmaatregelen - beheer van de oogstresten: inwerken van de oogstresten tijdens de zomer, gevolgd door een tweede teelt, betekent een vermindering van de bemesting van de tweede teelt

Uit deze opsomming blijkt duidelijk dat het nitraatstikstofresidu ontstaat als een samenspel van interagerende factoren. Mits deze mechanismen voldoende begrepen worden en mits voldoende betrouwbare en nauwkeurige gegevens beschikbaar zijn, kan een kwantitatief verband gelegd worden tussen deze factoren en het gemeten residu.

4. Conclusies en aanbevelingen - Nitraatresidunormen voor de tuinbouw

4.1 Conclusies

Het mestdecreet stelt dat in de periode van 1 oktober tot 15 november de hoeveelheid nitraat in het bodemprofiel tot 90 cm de 90 kg NO₃⁻N/ha niet mag overschrijden. In het decreet is voorzien om deze norm tegen 2009 te herzien in functie van grondsoort en verbouwde teelt. Op milieukundig vlak hebben heel wat factoren een invloed op de relatie tussen het nitraatstikstofresidu en de nitraatverliezen naar grond- en oppervlaktewater. Vele van deze factoren hebben ook op landbouwkundig vlak een belangrijke impact op productie, kwaliteit en het niveau van het nitraatresidu.

Uit de opmerkingen van de landbouwers uit de enquêtes, de persoonlijke mededelingen vanuit de proeftuinen en de eigen ervaringen vanuit het onderzoeksconsortium komen de volgende knelpunten voor het respecteren van de nitraatresidunorm naar voor:

- **Hoog mineralisatiepotentieel**

Veel groentepercelen hebben in het verleden aanzienlijke dosissen dierlijke mest (mengmest) toegediend gekregen. Dit heeft geleid tot de opbouw van een pool gemakkelijk afbreekbare organische (stik-)stof. Deze afbraak gaat op dit ogenblik nog steeds door en is in tegenstelling tot bijvoorbeeld akkerbouwpercelen die in regel minder systematisch werden bemest onvoldoende nauwkeurig in te schatten met de op dit ogenblik gehanteerde methodes. Onder andere een hoger aantal bodembewerkingen per jaar draagt bij tot een onvoldoende inschatting. Naast deze mineralisatie uit organische stof, is er nog de bijkomende mineralisatie uit de oogstresten. Deze mineralisatie treedt meestal in een kort tijdsbestek op en kan in een aantal gevallen tot 150 kg N/ha vrijstellen. In het kader van de ontwikkeling van meer verfijnde bemestingsadviesmethoden voor de tuinbouw dient bijzondere aandacht te gaan naar de aanlevering van nitraatstikstof vanuit beide bronnen naast deze vanuit de organische bemesting (die in de bestaande methoden reeds behoorlijk nauwkeuring kan ingeschat worden).

- **Afwijkende weersomstandigheden**

Droogte en natte perioden maken het moeilijk om voor groentepercelen met dikwijls minder diep wortelende gewassen, in vergelijking met akkerbouwpercelen, alle factoren van mineralisatie correct in te schatten en dit zowel wat betreft het tijdstip als de hoeveelheid van N-afgave.

In het najaar wordt regelmatig geogst in moeilijke omstandigheden met structuurschade tot gevolg. Dit kan problemen opleveren voor een efficiënte N-benutting door de teelten in het daaropvolgende groeiseizoen.

- **Opname van N door de teelten in de periode 1/10 - 15/11**

Gewassen als bloemkool, broccoli, knolselder, bleekselder en prei worden vaak geteeld als tweede teelt. Deze gewassen kunnen nog een significante N-opname hebben in het late najaar. Dit hangt uiteraard samen met plantdatum (ontwikkelingsfase) en weersomstandigheden in het najaar. Deze teelten laten op het

moment dat ze worden geoogst dan weer snel afbreekbare oogstresten achter op het veld.

- **Latent mineraal N-residu**

De meeste groentegewassen worden geoogst in een vegetatief stadium. Dit betekent dat zij geen afrijpingsfase vertonen en nog tot aan de oogst een zekere hoeveelheid stikstof uit het profiel opnemen. Dit betekent meteen dat er nog een zeker N-aanbod aanwezig moet zijn tot op het moment van de oogst. Door Hofman (1983) werd daarom de term 'latent mineraal N-residu' geïntroduceerd. Deze latente residuair minerale stikstof is de hoeveelheid anorganische stikstof die in het profiel, in functie van de bewortelingsdiepte van het gewas, nog aangetroffen wordt op het ogenblik van de maximale N-opname door het gewas. Dit residu kan in een aantal gevallen hoog zijn.

Deze benadering wordt eveneens in Duitsland gehanteerd (Zentralverband Gartenbau-Bundesfachgruppe Gemüsebau, 1995; Feller et al., 2001), waarbij de termen 'Mindestvorrat' en N_{\min} -restmengen zum Erntebegin' vergeleken kunnen worden met het latent mineraal N-residu. Dit werd ook aangehaald in een voordracht door Dhr. Schlaghecken (2006) -de vader van het N-bijmeststelsel- waarin hij stelde:

Groenteteelt: bijkomend „onvermijdbaar overschot“

- groenteteelt I: tot 50 kg N/ha, vb. Radijs, Rammenas, Veldsla, Salades etc.
- groenteteelt II: tot 80 kg N/ha, vb. Selder, Chinese kool, Koolrabi, Prei
- groenteteelt III: tot 120 kg N/ha, vb. Bloemkool, Broccoli, Savooi, Courgette

Deze waarden liggen hoog in vergelijking met waarden uit andere onderzoeksprojecten, maar het geeft aan dat groenten toch wel over een aanzienlijke hoeveelheid minerale N in het bodemprofiel dienen te beschikken om een optimale opbrengst en kwaliteit te verzekeren. Reden van de verschillen tussen de diverse onderzoeksprojecten zijn onder andere verschillen in bodemtypes, verschillen in teeltperiodes (vroeg, late teelt) en soms zelf verschillen voor wat betreft in rekening gebrachte staalnamediepte.

- **Kwantitatieve impact van teelttechnische maatregelen op het nitraatresidu**

Uit de resultaten van de diverse balansberekeningen (o.a. in deel 1 van dit onderzoek) en uit de literatuurstudie kan het relatief belang van de verschillende parameters die bijdragen tot de stikstofbalans worden ingeschat. Aan de aanbodzijde blijkt de mineralisatie van bodemorganische stof de voornaamste post. Deze kan zelfs belangrijker zijn dan de totale toegediende bemesting.

In de groenteteelt liggen de bruto opnamecijfers door de gewassen in het algemeen aan de hoge kant (grootte-orde 250 kg N per hectare). Omwille van de enorme verschillen op het vlak van restitutie onder vorm van plantendelen die gewoonlijk op het veld worden achtergelaten constateert men in de realiteit zeer uiteenlopende waarden wat betreft de netto-export van stikstof van het perceel. De tuinbouwer kan hierop inspelen door plantenresten die in de courante praktijken op het veld achtergelaten worden na of tijdens de oogst van het gewas geheel of gedeeltelijk af te

voeren, en eventueel later in gecomposteerde vorm terug op te voeren. Hierdoor wordt een belangrijk (100 kg N en meer per ha) en weinig controleerbaar onderdeel aan de aanbodzijde (mineralisatie van plantenresten) in feite omgevormd tot een doseerbare en beter voorspelbare inputfactor (compost). Gezien de late oogstperiode (natte bodemomstandigheden) en het belangrijke kostenplaatje dat verbonden is aan deze werkwijze is een toepassing van deze techniek op grote schaal momenteel nog uitgesloten. Onderzoek naar nieuwe (oogst)technieken en financiële stimuli kan hieraan tegemoet komen. Een alternatief kan zijn de afvoer van oogstresten naar grootschalige composteringsinstallaties.

In de enquête werd vastgesteld dat het gebruik van groenbemesters in de groenteteelt momenteel nog eerder de uitzondering is dan de regel. In vele situaties is dit te wijten aan de late oogst van de groenten. Waar mogelijk moet de inzaai van groenbemesters worden aangemoedigd aangezien in diverse onderzoeken werd aangetoond dat bij vroege inzaai groenbemesters tot 100 kg N/ha en meer kunnen vastleggen.

Een andere teelttechnische maatregel bestaat er in om de organische bemesting, waarvoor nu overwegend gebruik wordt gemaakt van dierlijk mest, op percelen met een hoge mineralisatiecapaciteit meer en meer uit te voeren met gebruikmaking van producten met een tragere en meer geleidelijke vrijgave van stikstof. Deze toediening is dan vooral gericht op aanbreng van stabiele organische stof voor de verbetering of het onderhoud van de bodemstructuur.

- **Groenbemesters**

In tegenstelling met graangewassen kunnen groenbemesters na groenten in een aantal gevallen pas later worden ingezaaid zodat zeker begin oktober nog maar een deel van de N-vastlegging door de groenbemesters is gerealiseerd. Groenbemester kunnen niet alleen gebruikt worden om uitspoeling van nitraat tijdens de winter te reduceren maar evenzeer als tussengewas tijdens het teeltjaar tussen 2 teelten om de N die tijdens mineralisatie in de bodem vrijkomt en vrijstelling uit oogstresten, in de bovenste 30 cm van de bodem te houden.

- **Risico op kwaliteitsverlies bij verlaagd N-aanbod**

Vele groenten worden in een vegetatief stadium geoogst. Een te beperkt N-aanbod in de bewortelde zone naar het einde van de teelt toe leidt tot verschillende vormen van kwaliteitsverlies (o.a. een minder diepe bladkleur). Dit houdt uiteraard rechtstreeks verband met het latent mineraal N-residu zoals hierboven geschetst.

- **Te hoge N-bemesting**

De problematiek van onder andere mogelijk kwaliteitsverlies bij een te laag N-aanbod kan in de praktijk aanleiding geven tot te hoge N-bemestingen. De teler durft bijvoorbeeld onvoldoende rekening te houden met de verwachte N-levering vanuit de toegediende dierlijke mest. Puur economische gezien zal een N-tekort sterker worden afgestraft dan een bemesting licht hoger dan het productieoptimum

- **Verbouw van gewassen met beperkte bewortelingsdiepte**

Vele groentengewassen kunnen de minerale N-voorraad in de diepere bodemlagen (60-90 cm maar soms ook 30-60 cm) niet of nagenoeg niet benutten. Dit leidt tot volgende knelpunten:

- een hoge N-voorraad in de diepere bodemlagen in het voorjaar vergroot in belangrijke mate het risico op een hoog najaarsresidu
- migratie van nitraatstikstof doorheen het bodemprofiel tijdens het groeiseizoen (omwille van een tijdelijk neerslagoverschot) vergroot sterk het risico op een hoger nitraatresidu bij ondiep wortelende groentegewassen die, in tegenstelling tot dieper wortelende gewassen (granen, suikerbieten, spruitkool, , ...) de uitgeloopte stikstof nadien niet meer kunnen recupereren
- ...

Kortom, heel wat van deze factoren heeft de landbouwer (tuinder/sierteler/boomkweker) niet of slechts gedeeltelijk in de hand

Belangrijk is dus dat het mestbeleid erop gericht is de teler maximaal te sturen naar een zo efficiënt mogelijk N-beheer op perceelsniveau. Enkel op teeltniveau redeneren leidt tot onvoldoende resultaten. Factoren die niet of onvolledig door de teler kunnen gestuurd worden (o.a. klimatologische) kunnen het eindresultaat in hoge mate meebepalen. Het beleid mag dus bijvoorbeeld niet alleen bestaan uit administratieve sancties bij het overschrijden van de nitraatresidunorm, maar moet aangevuld worden met een reeks van goed onderbouwde begeleidende maatregelen om tot een oplossing te komen in deze complexe materie.

Naast het huidig wetgevend kader is er dus nood aan sensibilisering van de tuinders en interpretatie van de gemeten nitraatresidu's. M.a.w. een nitraatresidu van 150 kg N/ha hoeft niet automatisch te betekenen dat de betrokken teler dat teeltjaar niet bewust met de N-bemesting van zijn perceel is bezig geweest, maar kan er wel op wijzen dat niet alle mogelijke maatregelen (beredeneerde bemesting voorgaande jaren, keuze teeltrotatie, inzaai tussen- en vanggewassen) zijn genomen om het nitraatresidu te beperken. Er is dringend nood aan een pakket van begeleidende maatregelen.

4.2 Specifieke aanbevelingen

Op basis van de verwerking van de enquêtes en de deskstudie kunnen de volgende aanbevelingen worden geformuleerd:

- De teler moet voor en tijdens het groeiseizoen kennis hebben van de minerale N-voorraad in het bodemprofiel
- De mogelijkheden van band- en rijenbemesting voor het beperken van de totale N-bemesting moeten verder onderzocht worden en de resultaten moeten de volledige doelgroep bereiken
- Streven naar een meer homogene bemesting: verbeterde afstelling van de meststoffenstrooiers, ook deze voor band- en rijenbemesting. Meer aandacht voor homogene organische bemesting (homogeen product en uniforme verdeling); de potentie van het toedienen in stroken van organische meststoffen, in lagere dosis, voor teelten op bedden, dient nader onderzocht te worden
- Zorgen voor nog een betere informatiedoorstroming naar de individuele teler over de diverse factoren die de N-mineralisatie van bodemorganische stof, gewasresten en toegediende organisch mest op perceelsniveau beïnvloeden
- Verfijning van de N-advisering (op basis van bijkomend onderzoek) door nog sterker rekening te houden met de voorgeschiedenis van het perceel, waardoor een betere inschatting wordt gemaakt van het mineralisatie potentiaal van de verschillende fracties van de bodemorganische stof
- Bepaling van de optimale inplanning van vanggewassen (waaronder in de eerste plaats groenbemesters) in de gewasrotatie (aard, tijdstip van inzaai en inwerking, ...) rekening houdend met de specifieke vereisten op het vlak van teelttechniek, gewasbescherming, opbrengst, kwaliteit en algemene bedrijfsvoering, doel is het maximaal nastreven van een permanent begroeid perceel
- Voor gewassen met een hoog mineralisatiecijfer van de oogstresten zoals bloemkool, broccoli, doperwtten, spruitkool en andere kolen en relatief gemakkelijk verwijderbare oogstresten moet de mogelijkheid onderzocht worden om de gewasresten die in de huidige praktijk meestal worden achtergelaten op het veld te verwijderen en eventueel later onder vorm van compost te hergebruiken. Daarbij dient een financiële balans opgemaakt. Bij een vroege oogst kan de groenbemester of de volgteelt de vrijkomende stikstof opnemen.
- Kritische evaluatie van het “Compendium voor staalname”. In de diverse sectoren (vollegrondsgroententeelt, aardbeien, sierteelt, boomkwekerijen) bestaan er specifieke opkweek- en bemestingsmethoden die moeilijk op een zelfde manier als de klassieke vollegrondsteelten kunnen beoordeeld worden. Als typische voorbeelden kunnen vermeld worden de opkweek van chrysanten in potten en de teelt van aardbeien. De klassieke aardbeiteelt

wordt geplant in augustus waarbij de volgende twee maanden er een voldoende N-aanbod moet zijn om een goede bloemaanleg te realiseren. In vele regio's worden de aardbeien op met plastic belegde bedden geplant. De meststoffen worden voor het plastic leggen in de bodem (al of niet in de rij) onder de plastic ingewerkt. Onder deze plastic treedt in de winter slechts heel beperkte uitspoeling op zodat staalname in de periode 1/10 tot 15/11 op de bedden niet is aangewezen. Tussen de bedden is de grond niet begroeid vanaf reeds einde juli bij het leggen van de bedden. Aardbeien moeten immers geplant worden op voldoende aangezakte grond. Aangezien tussen de ruggen ook mineralisatie optreedt, geeft een staalname tussen de ruggen ook geen goed beeld van meststoffenmanagement op het perceel.

Door de implementatie van deze aanbevelingen kunnen op korte en middellange termijn duidelijke verbeteringen op het vlak van de residubeheersing worden bereikt. Daarentegen zullen steeds een aantal knelpunten (afwijkende weersomstandigheden en intrinsieke eigenschappen van bepaalde teelten) blijven bestaan, welke een specifieke nitraatresidunormering voor bepaalde tuinbouwgewassen rechtvaardigen.

1. Voor nog groeiende gewassen op het veld is een differentiatie van de nitraatresidunorm in functie van de staalnamedatum aangewezen, waarbij er naar gestreefd dient te worden om de staalname zo dicht mogelijk bij de oogstdatum te laten plaatsvinden. Meerdere gewassen (bijvoorbeeld prei, Chinese kool, broccoli, bloemkool, rode, witte, savooikool, knol- en bleekselder) kunnen bij goede weersomstandigheden in oktober nog een stikstofopname van 1.5 tot 2 kg N/ha/dag realiseren. Op dertig dagen betekent dit 45-60 kg N/ha. Daarnaast is er natuurlijk bij dergelijke weersomstandigheden ook de stikstofmineralisatie die verder gaat en de opname gedeeltelijk compenseert. Het is dan ook logisch dat het nitraatresidu bij bepaalde nog groeiende gewassen op 1 oktober op een hoger niveau zal liggen dan op 15 november. De differentiëring van het nitraatresidu in functie van de staalnamedatum zou er in kunnen bestaan dat de 90 kg N/ha dient gerespecteerd te worden bij een staalname in november maar dat in oktober bij een groeiend gewas een hogere residunorm wordt gedefinieerd. Anderzijds kan voor deze percelen de staalname worden uitgesteld tot in november.
2. Voor de effectieve landbouwkundige interpretatie van het op perceelsniveau gevoerde N-beheer in de groenteteelt en sierteelt is het voor de beoordeling van het nitraatresidu voor de afgelopen teelt meer aangewezen om de bewortelde zone in rekening te brengen dan wel steeds de volledige laag van 0-90 cm. In dit opzicht kan verwezen worden naar de surpluscurve welke ook is opgesteld voor de bewortelde zone. Het gedeelte van het nitraatresidu (0-90 cm) dat aanwezig is in de bewortelde zone kan als extra element meegenomen worden bij de beoordeling van een specifiek perceel. Dit kan per type van gewas apart gedefinieerd worden. Bijkomende elementen voor interpretatie van het nitraatresidu zijn bijvoorbeeld de resultaten van tussentijdse staalnames voor de bepaling van de minerale N-reserve tijdens het groeiseizoen om tijdige bijsturing van de bemestingsstrategie mogelijk te maken en doorspoeling naar de diepere lagen te vermijden. Hiertoe is het bijvoorbeeld dan ook belangrijk dat staalnames in augustus-september voor het beoordelen van de bemestingstoestand dan ook tot 90 cm worden genomen.

3. Het telen van een diepwortelend gewas (vb wintergranen, suikerbieten, spruitkool) na een hoge overschrijding van de nitraatresidunorm zou meer moeten aanbevolen worden. Deze gewassen kunnen namelijk tijdens het volgend groeiseizoen een deel van de uitgeloopte stikstof recupereren. Het inzaaien van een diepwortelend gewas met bepaling van een bemestingsadvies op basis van de minerale N-voorraad in het bodemprofiel in het voorjaar zou als begeleidende maatregel kunnen geïmplementeerd worden in plaats van de verplichting tot het op eigen initiatief uitvoeren van drie nitraatresidumetingen. Bij toepassing van deze maatregel dient de teler qua gewaskeuze over een zekere vrijheid te blijven beschikken vermits niet alle diepwortelende gewassen een plaats kunnen vinden in de bedrijfsvoering omwille van technische en/of economische redenen. Wintergranen bijvoorbeeld zijn omwille van de timing niet inpasbaar in elk teeltplan terwijl suikerbieten gebonden zijn aan een quotum en er voor deze teelt enkel nog meer concentratie kan verwacht worden. Daarnaast kan het inlassen van bepaalde teelten, zeker bij de meer gespecialiseerde bedrijven, belangrijke aanpassingen of investeringen vergen op het vlak van machines, perceelsgrootte, toelevering en afzet, technische kennis, ... die gevolgen hebben voor de leefbaarheid van de onderneming. Het verplicht afvoeren van oogstresten kan ook toegevoegd worden aan de keuzemogelijkheden van de tuinder.
4. Naar interpretatie van de nitraatresidu's in de groenteteelt kan de gedetailleerde opvolging van een reeks referentiepercelen (diverse teelten, geografische spreiding) nuttige informatie verschaffen. Belangrijk hierbij is dat deze referentiepercelen de praktijksituatie maximaal reflecteren zowel op het vlak van de toegepaste technieken als van grondsoort, klimaat en perceelshistoriek.
5. Implementeren van een lastenboek "engagement nitraat" waarvoor de teler kan opteren in plaats van de nu in het decreet voorziene boetes en begeleidende maatregelen. Hierbij kan onderzocht worden in welke mate dit engagement kan opgenomen worden in bestaande lastenboeken en audits. Dit lastenboek (of onderdeel van lastenboek) kan in overleg met de sector (Task Force tuinbouw, proeftuinen, ...) worden opgesteld en een pakket van maatregelen omvatten zoals bijvoorbeeld:
 - optimaliseren van de bemesting op basis van regelmatige staalname
 - afvoeren van oogstresten bij laat geoogste gewassen
 - aanpassen van de teeltrotatie met opname van diepwortelende gewassen
 - gewaskeuze in functie van de voorjaarsreserve in de diepere bodemlagen