

(Contractnr. 091328)

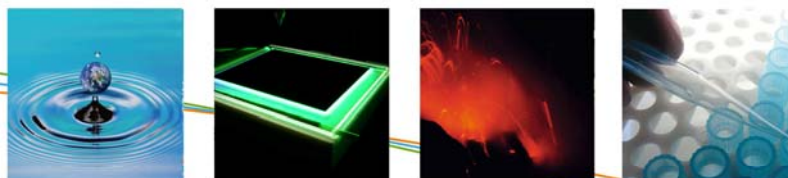
FINAAL RAPPORT

OPTIMALISEREN VAN DE BEMONSTERINGSMETHODIEK BIJ RIJ- EN BANDBEMESTE GROENTEPERCELEN VOOR DE BEPALING VAN HET NITRAATGEHALTE

C. Vanhoof, H. Van den Broeck, Groep AN, K. Tirez

Studie uitgevoerd in opdracht van de VLM
2010/MANT/R/026

Januari 2010



VITO NV

Boeretang 200 – 2400 MOL – BELGIUM
Tel. + 32 14 33 55 11 – Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be – www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 435-4508191-02 KBC (Brussel)
BE32 4354 5081 9102 (IBAN) KREDBEBB (BIC)



Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden

SAMENVATTING

De bemonstering van akker-en weilanden voor de bepaling van nitraat in bodem is beschreven in het compendium 'Bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet'. In de compendiummethode BAM/deel/01 *Bemonstering* wordt voorgeschreven om per perceel (< 2 ha) en per bodemlaag een mengmonster aan te maken van 15 boorsteken genomen in kruisverband. Deze methodiek is gebaseerd op onderzoek uitgevoerd op akkerland (breedwerpige bemesting) en weiland (studie N-(eco)²). Naar aanleiding van een onderzoeksnota van het Proefstation voor de Groenteteelt betreffende 'Variabiliteitstoets van het nitraatresidu bij groentepercelen' (dd. Januari 2009), werd aangegeven door de Tuinbouwsector dat de bestaande bemonsteringsmethodiek niet geschikt is voor band- en rijbemeste groentepercelen. Deze discussienota werd als basis gebruikt om de huidige bemonsteringsmethodiek voor band- en rijbemeste (groente)percelen op bruikbaarheid te evalueren en mogelijk te optimaliseren.

Bij groentepercelen waar gebruik gemaakt wordt van rij- of bandbemesting is de ruimtelijke variabiliteit van de nitraatconcentratie verschillend ten overstaan van deze van de akkerbouw waar breedwerpig wordt bemest. Bij rij- of bandbemesting wordt een bijkomende ruimtelijke variabiliteit geïntroduceerd waarbij een verhoogde nitraatconcentratie in de bemeste zone (grootte-orde 1 à 20 cm) versus de niet bemeste zone (grootte-orde 30 à 80 cm) wordt verwacht. In dit onderzoeksproject werd bij dit type percelen de ruimtelijke variabiliteit in kaart gebracht en werd de bemonsteringsmethodiek geoptimaliseerd om dezelfde graad van precisie van 20% (95% betrouwbaarheid) te bekomen voor het gemiddeld nitraatgehalte in het bodemprofiel (0-90 cm), gebruikmakend van 15 monsternamenpunten geselecteerd in kruisverband, overeenkomstig de aanbevelingen van N-(eco)² studie.

Op basis van de bekomen nitraat analyseresultaten kan men afleiden dat voor het bekomen van eenzelfde precisie ($\pm 20\%$ met 95% betrouwbaarheid) voor het gemiddeld nitraatgehalte in het bodemprofiel (0-90 cm) als bij akkerlanden en uitgaande van 15 monsternamenpunten in kruisverband, de bemonstering van band- en rijbemeste groentepercelen als volgt dient geoptimaliseerd te worden. Loodrecht op de rijrichting van de band- of rijbemesting moeten meerdere deelsteken/ per monsternamenpunt genomen te worden om de korte afstandsvariabiliteit te reduceren en dit volgens het volgende patroon:

- Bodemlaag 1: 5 deelsteken/monsternamenpunt (deelsteken om de 20 cm)
- Bodemlaag 2: 3 deelsteken/monsternamenpunt (deelsteken om de 40 cm)
- Bodemlaag 3: 1 deelsteek/monsternamenpunt (midden)

Het implementeren van deze methodiek heeft wel een aantal significante gevolgen:

- het aantal staalnames per veld verhoogt van 45 naar 135 steken
- het aantal analyses per veld blijft vergelijkbaar met de huidige methodiek omdat enkel de mengmonsters per bodemlaag worden geanalyseerd (i.e. 3 analyses per veld)
- de hoeveelheid monster dat dient gecollecteerd te worden, verhoogt zeer sterk:
 - o Bodemlaag 1 (20 mm boor): van $\pm 1.5L$ (± 2.2 kg) naar $\pm 7.5L$ (± 11 kg)
 - o Bodemlaag 2 (13 mm boor): van $\pm 0.6L$ (± 0.9 kg) naar $\pm 1.8L$ (± 2.7 kg)
 - o Bodemlaag 3 (13 mm boor): geen wijziging $\pm 0.6L$ (0.9kg)

Uit praktisch oogpunt is de significante verhoging van het aantal staalnames en vooral de grote hoeveelheid monster van bodemlaag 1 een nadeel voor deze methodiek. Tijdens de bemonstering moet immers een grote hoeveelheid getransporteerd worden.

Bij aankomst in het laboratorium dient het monster onmiddellijk gehomogeniseerd en gekwarteerd te worden vooraleer de analyse op het veldvochtige monster kan gestart worden of een deelmonster kan ingevroren worden.

Indien men opteert om uit praktisch oogpunt minder deelmonsters te nemen, moet men rekening houden met het feit dat de spreiding op het analyseresultaat zal toenemen. Bij toepassing van de bestaande bemonsteringsmethode werd een verdubbeling van de variatiecoëfficiënt vastgesteld.

INHOUD

Samenvatting	I
Inhoud	III
Lijst van tabellen	V
Lijst van figuren	VI
Hoofdstuk 1 Inleiding en beschrijving onderzoek	1
1.1 Statistische onderbouwing huidige methodiek (voor akker- en weiland)	1
1.2 Literatuurgegevens	2
1.3 Beschrijving onderzoeksproject	3
Hoofdstuk 2 Bemonstering en analyse – fase 1	7
2.1 Bemonstering 1 ^{ste} groenteperceel	7
2.2 Bemonstering 2 ^{de} groenteperceel	9
2.3 Monstervoorbehandeling en analyse in het laboratorium	11
Hoofdstuk 3 Resultaten Fase 1	14
3.1 Methodiek verwerking resultaten	14
3.1.1 Normaliteitsverdeling van de data	14
3.1.2 Grafische weergave van nitraatverdeling per monsternamepunt	15
3.1.3 Berekening van gemiddelde nitraatgehalten en de variatiecoëfficiënten	16
3.1.4 Berekening van nitraatgehalten en variatiecoëfficiënten in functie van aantal deelsteken	17
3.2 Resultaten 1 ^{ste} groenteperceel	17
3.2.1 Nitraatverdeling per monsternamepunt voor groenteperceel 1	17
3.2.2 Gemiddelde nitraatgehalten en variatiecoëfficiënten voor groenteperceel 1	20
3.2.3 Nitraatgehalten en variatiecoëfficiënten in functie van aantal deelsteken voor groenteperceel 1	24
3.2.4 Besluit groenteperceel 1	25
3.3 Resultaten 2 ^{de} groenteperceel	25
3.3.1 Nitraatverdeling per monsternamepunt voor groenteperceel 2	25
3.3.2 Gemiddelde nitraatgehalten en variatiecoëfficiënten voor groenteperceel 2	28
3.3.3 Nitraatgehalten en variatiecoëfficiënten in functie van aantal deelsteken voor groenteperceel 2	31
3.3.4 Besluit groenteperceel 2	33
3.4 Invloed van bewaring in diepvries	33
3.5 Aanbevelingen bemonstering groentepercelen	35

Hoofdstuk 4	Bemonstering en analyse – fase 2	36
4.1	<i>Bemonsteringsmethodiek</i>	36
4.2	<i>Bemonstering en analyse van het 3^{de} groenteperceel</i>	36
Hoofdstuk 5	Resultaten Fase 2	39
5.1	<i>Verwerking resultaten</i>	39
5.1.1	Normaliteits verdeling	39
5.1.2	Gemiddelde nitraatgehalten en variatiecoëfficiënten van groenteperceel 3	39
5.1.3	Besluit bemonstering groenteperceel 3	41
Hoofdstuk 6	Besluit	43
Literatuurlijst		44

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1 Aantal combinatiemogelijkheden ifv aantal deelsteken (bodemplagen 1 en 2)..	17
Tabel 2 Verwerking groenteperceel 1 – bodemlaag 0-30 cm	20
Tabel 3 Verwerking groenteperceel 1 – bodemlaag 30-60 cm	21
Tabel 4 Verwerking groenteperceel 1 – bodemlaag 60-90 cm	22
Tabel 5 Verwerking groenteperceel 1 – bodemlaag 0-90 cm	23
Tabel 6 Verwerking groenteperceel 2 – bodemlaag 0-30 cm	28
Tabel 7 Verwerking groenteperceel 2 – bodemlaag 30-60 cm	29
Tabel 8 Verwerking groenteperceel 2 – bodemlaag 60-90 cm	30
Tabel 9 Verwerking groenteperceel 2 – bodemlaag 0-90 cm	31
Tabel 10 Invloed van de bewaringstijd in diepvries op het analyseresultaat	33
Tabel 11 Verwerking groenteperceel 3	40

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1 Hulpstuk om op vaste posities tov de plantenrij te bemonsteren	2
Figuur 2 Bemonsterde groenteperceel met aanduiding monsternemingspunten	7
Figuur 3 Schematische weergave van de monsternemingspunten.....	8
Figuur 4 Weergave deelsteken per bemonsteringspunt	8
Figuur 5 Monsternemingsrecipiënten	9
Figuur 6 Weergave van het bemonsterde groenteperceel	10
Figuur 7 Schematische weergave van de monsternemingspunten.....	10
Figuur 8 Bemonsteringspunten met meetlat	11
Figuur 9 Schematische weergave van het analysetraject.....	12
Figuur 10 Histogram van NO ₃ -N gehalten voor de 2 groentepercelen van bodemlaag 1 (0-30 cm) en 2 (30-60 cm)	15
Figuur 11 Histogram van de ln-getransformeerde NO ₃ -N gehalten voor de 2 groentepercelen van bodemlaag 1 (0-30 cm) en 2 (30-60 cm)	15
Figuur 12 Profiel van het nitraatgehalte per monsternamepunt voor groenteperceel 1	20
Figuur 13 Nitraatgehalten en % CV van groenteperceel 1 ifv het aantal deelsteken....	25
Figuur 14 Profiel van het nitraatgehalte per monsternamepunt voor groenteperceel 2	28
Figuur 15 Nitraatgehalten en % CV van groenteperceel 2 ifv het aantal deelsteken....	32
Figuur 16 Invloed van bewaringstijd in diepvries op het analyseresultaat	34
Figuur 17 Weergave van het bemonsterde groenteperceel (rijbemesting)	37
Figuur 18 Overzicht bemonsteringspunten met meetlat	37
Figuur 19 Schema van de duplo bemonstering van groenteperceel 3	38
Figuur 20 Histogram van de nitraatgehalten van bodemlaag 1- groenteperceel3 - vóór (links) en na ln transformatie (rechts).....	39
Figuur 21 Nitraatgehalten van de duplo bemonstering	41
Figuur 22 Nitraatgehalten in functie van het bodemprofiel.....	41

HOOFDSTUK 1 INLEIDING EN BESCHRIJVING ONDERZOEK

De bemonstering van akker-en weilanden voor de bepaling van nitraat in bodem is beschreven in het compendium 'Bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet'. In de compendiummethode BAM/deel/01 *Bemonstering* wordt voorgeschreven om per perceel (< 2 ha) en per bodemlaag een mengmonster aan te maken van 15 boorsteken genomen in kruisverband. Deze methodiek is gebaseerd op onderzoek uitgevoerd op akkerland (breedwerpige bemesting) en weiland (studie N-(eco)²). Naar aanleiding van een onderzoeksnota van het Proefstation voor de Groenteteelt betreffende 'Variabiliteitstoets van het nitraatresidu bij groentepercelen' (dd. Januari 2009), werd aangegeven door de Tuinbouwsector dat de bestaande bemonsteringsmethodiek niet geschikt is voor band- en rijbemeste groentepercelen. Deze discussienota werd als basis gebruikt om de huidige bemonsteringsmethodiek voor band- en rijbemeste (groente)percelen op bruikbaarheid te evalueren en mogelijks te optimaliseren.

1.1 Statistische onderbouwing huidige methodiek (voor akker- en weiland)

De betrouwbaarheid van het gehalte aan nitraatstikstof van een mengmonster, dat samengesteld is uit een aantal deelmonsters, als schatting van het gemiddelde gehalte op het perceel, is af te leiden uit de interne ruimtelijke variabiliteit van het perceel. Het aantal stalen N , nodig om een schatting van de gemiddelde waarde te verkrijgen met een bepaalde graad van precisie ε en significantieniveau α , kan benaderd worden op statistische wijze via de formule van Cline:

$$N = \{t(\alpha) CV / \varepsilon\}^2$$

waarbij $t(\alpha)$ de Student's t waarde is voor waarschijnlijkheid $(1-\alpha)$ en CV de variatiecoëfficiënt ($100 \times \text{standaardafwijking/gemiddelde}$) van nitraatstikstof in de bodem, experimenteel bepaald via een groot aantal individuele boringen op het perceel.

In de N-(eco)² studie werd vastgelegd dat voor het schatten van de gemiddelde nitraathoeveelheid in het bodemprofiel (0-90 cm) met 20% precisie, een probabiliteit van 95% en een variatiecoëfficiënt van 40%, 15 boorsteken nodig zijn.

In de huidige methode wordt een precisie van 20% (bij een betrouwbaarheid van 95%) vooropgesteld op de gemiddelde nitraathoeveelheid voor een akkerbouwperceel of op een maaiweide.

Op een begraasd weideperceel is de ruimtelijke variabiliteit groter en is bijgevolg een groter aantal deelmonsters vereist. In de N-(eco)² studie kon voor het onderzochte weideperceel de hoeveelheid nitraatstikstof met 20% precisie geschat worden bij 30 boorsteken. In consensus werd echter afgesproken om zowel voor akkerland als voor weiland het aantal boorsteken vast te leggen bij 15.

1.2 Literatuurgegevens

In de literatuur wordt eveneens aangegeven dat bij de bemonstering rekening dient gehouden te worden met de gewassen (Dalglish *et al.*, 2005). Om de bias bij de bemonstering te minimaliseren werd aanbevolen om een boorsteek te nemen op specifieke plaatsen op het veld, representatief voor de volledige breedte van de zone die beïnvloed wordt door een individuele rij van een gewas. Een hulpstuk kan hierbij van nut zijn om de posities te bepalen (Figuur 1).



Figuur 1 Hulpstuk om op vaste posities tov de plantenrij te bemonsteren

Een vergelijkbare methodiek, specifiek voor bandbemesting, werd onderzocht door Zebarth *et al.* (1999). Bandbemesting was toegebracht op een maïsveld op 15 cm aan elke kant van een maïsrij. Monsters werden geïncubated op 8 tussenafstanden (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 cm) van de maïsrij en bij 0-15 cm, 15-30 cm en 30-60 cm bodemdiepte. Nitraat en ammonium bepalingen werden uitgevoerd. At random bemonstering en 5 systematische bemonsteringsmethodieken werden geëvalueerd op basis van de 'juistheid' voor de schatting van het gemiddelde nitraatgehalte van het bemonsterde veld. De systematische bemonsteringsmethodieken werden verkozen boven at random bemonstering, voornamelijk bij bandbemesting en hoge N-gehalten. Dezelfde onderzoekers (Zebarth *et al.* (2002)) evalueerden een vergelijkbare methodiek in rode framboos velden. Een systematische bemonsteringsmethodiek waarbij 4 deelmonsters werden genomen per monsternamepunt (loodrecht op bemestingsstrook) werd weerhouden als de meest optimale methode.

Persoonlijke communicatie met Prof. dr. ir. Van Meirvenne (Ugent) bevestigde dat bij rij- en bandbemeste groentepercelen een aangepaste bemonstersmethodiek noodzakelijk is, indien men eenzelfde precisie als bij akkerlanden ($\pm 20\%$ bij 95% betrouwbaarheidsinterval) wil behouden. Door de aanwezigheid van de rij- en bandbemesting zal een bijkomende bron van heterogeniteit gecreëerd worden. Indien 1 perceel als een populatie wordt beschouwd, kan men aannemen dat de rij- en bandbemesting een populatie binnen deze populatie vormt. Om de veldvariabiliteit onder controle te houden is het noodzakelijk dat de korte afstandsvariabiliteit wordt gereduceerd. Door het collecteren van meerdere deelmonsters per monsternamepunt en dit loodrecht op de rijrichting van de bemesting, kan hierop ingespeeld worden. De aanplantingsbreedte tussen 2 plantenrijen kan verschillend zijn afhankelijk van de teelt. Een breedte van 80 cm tussen 2 plantenrijen kan beschouwd worden als maximale aanplantingsbreedte.

Indien men aanneemt dat 1 eenheid bestaat uit de afstand van 1 plantenrij tot een andere, heeft een eenheid, afhankelijk van de teelt, een verschillende breedte. Indien

een breedte van 80 cm wordt beschouwd, kan men aannemen dat steeds minstens 1 eenheid vervat zit in de bemonstering. Een deelmonstername om de 10 cm zou representatief zijn om een beeld te krijgen van de korte afstandvariabiliteit. Hierbij wordt er steeds vanuit gegaan dat de 15 monsternamepunten zoals gedefiniëerd in de N-(eco)² studie behouden blijven.

Op basis van deze gegevens werd een onderzoeksvoorstel uitgewerkt met als volgende doelstellingen:

- Inventariseren van de bemonsteringsproblematiek van rij- en bandbemeste groentepercelen met representatieve data voor de Vlaamse tuinbouwsector;
- Uitwerken van een bemonsteringsstrategie voor de optimalisatie van de bemonstering van rij- en bandbemeste groentepercelen, ervan uitgaande dat 15 monsternamepunten per perceel worden gecollecteerd en dat dezelfde precisie als bij akkerlanden ($\pm 20\%$ bij 95% betrouwbaarheidsinterval) blijft behouden.

1.3 Beschrijving onderzoeksproject

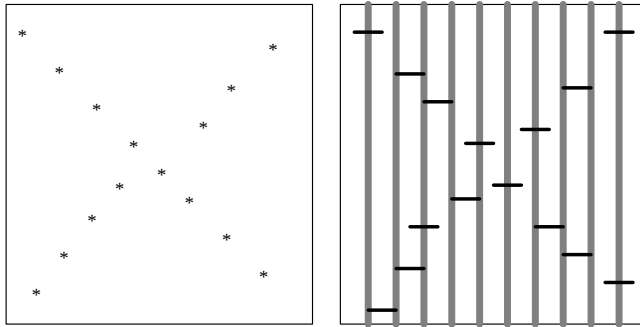
Bij groentepercelen waar gebruik gemaakt wordt van rij- of bandbemesting is de ruimtelijke variabiliteit van de nitraatconcentratie verschillend ten overstaan van deze van de akkerbouw waar breedwerpig wordt bemest. Bij rij- of bandbemesting wordt een bijkomende ruimtelijke variabiliteit geïntroduceerd waarbij een verhoogde nitraatconcentratie in de bemeste zone (grootte-orde 1 à 20 cm) versus de niet bemeste zone (grootte-orde 30 à 80 cm) wordt verwacht. In dit onderzoeksproject werd de ruimtelijke variabiliteit onderzocht evenals de wijze waarop de bemonsteringsmethodiek kan geoptimaliseerd worden bij rij- en bandbemeste percelen om dezelfde graad van precisie van 20% te bekomen en gebruikmakend van 15 monsternamepunten geselecteerd in kruisverband, overeenkomstig de aanbevelingen van N-(eco)² studie.

Het onderzoeksproject werd opgesplitst in 2 fasen waarbij in de eerste fase verschillende bemonsteringsstrategieën werden getoetst op groentepercelen met rij- en bandbemesting om uiteindelijk één welbepaalde methodiek te weerhouden. In de tweede fase werd de weerhouden methodiek gevalideerd op een bijkomend groenteperceel representatief voor de sector.

FASE 1: OP PUNT STELLEN VAN DE BEMONSTERINGSMETHODIEK

Bij het uitwerken van de bemonsteringsmethodiek bij groentepercelen met rij- en bandbemesting werd ervan uitgegaan dat de rijrichting van de bemesting van de laatste teelt voorafgaandelijk aan de monstername kan ter beschikking gesteld worden.

Bij het op punt stellen van de methodiek is het noodzakelijk om de variabiliteit rond 1 monsternamepunt te kwantificeren. Hiervoor werd loodrecht op de rijrichting van de bemesting een aantal deelsteken genomen op welbepaalde afstanden van elkaar. Tijdens deze studie werd in kaart gebracht hoeveel deelsteken vereist zijn voor 1 monsternamepunt om een aanvaardbare precisie te bekomen (bij voorkeur 20% zoals bij de akkerbouw). Als uitgangspunt werd verondersteld dat bij het nemen van 15 monsternamepunten, verspreid over het perceel en waarbij elke monsternamepunt bestaat uit een mengmonster van 9 deelsteken, een ruimtelijke variabiliteit van kleiner dan 40% wordt bekomen.



Links: huidige compendiumprocedure

Rechts: voorstel bemonstering rij- en/of bandbemeste percelen waarbij per balkje 9 deelsteken worden genomen

Indien ervan uitgegaan wordt dat de breedte tussen 2 aanplantingen 80 cm is en de bemesting over een breedte van 10 cm wordt uitgevoerd, kan een strook van 80 cm beschouwd worden als één eenheid waarvan de gemiddelde nitraatconcentratie dient bepaald te worden. Voor een representatieve bemonstering is het dan gewenst om elke 10 cm (loodrecht op de rijrichting van de bemesting) een deelmonster te nemen.¹

In deze studie werden van de verschillende deelmonsters de nitraatgehalten bepaald om de variabiliteit te kunnen kwantificeren bij 1 welbepaald monsternamepunt. Per perceel werden 15 monsternamepunten genomen zodat de variabiliteit bij deze punten kon berekend worden.

Er werd uitgegaan van een maximale aanplantingsbreedte van 80 cm omdat bij elke aanplantingsbreedte dan minstens 1 éénheid vervat zit.

In de bodemlaag 0 – 30 cm diepte werden per bemonsteringspunt bijgevolg 9 deelsteken genomen. Op basis van de beschikbare meetresultaten kon tevens berekend worden wat de variabiliteit is indien slechts 5, resp. 3, resp. 1 deelsteken werden genomen.

Aangezien de grootste variabiliteit aan nitraatstikstofgehalte optreedt in de bovenste bodemlaag, kan een differentiatie gemaakt worden van het aantal deelsteken in functie van de profieldiepte. Daarom werd ervoor geopteerd een maximaal aantal steken (9 steken) te nemen in de bodemlaag 0-30 cm en 30-60 cm, terwijl in de bodemlaag 60-90 cm het aantal deelsteken werd gereduceerd tot 3 (verspreid over de aanplantingsbreedte).

De bodemlaag 0-30 cm werd bemonsterd met een boor met binnendiameter van 20 mm, voor de bodemlagen 30-60 cm en 60-90 cm werd een boor met een binnendiameter van 13 mm gebruikt.

De nitraat bepalingen werden uitgevoerd op de veldvochtige monsters.

Gezien het groot aantal te analyseren stalen, werden alle stalen na staalname ingevroren. De bodemonsters werden te velde in een geschikt recipiënt (plastieken zakjes) gebracht en afgesloten en als dusdanig bewaard in diepvries.

Voorafgaandelijk aan de analyse werden de ingevroren monsters overnacht ontdooid bij 4°C waarna de extracties in de ochtend werden opgestart.

Het vochtgehalte op het resterende monster werd bepaald bij 105°C.

Het nitraatgehalte werd spectrofotometrisch bepaald met een doorstroom-analysesysteem. Bij deze bepaling werd het gehalte aan totaal oxideerbare stikstof (som van nitraat en nitriet) gemeten. Het gehalte aan nitriet in de bodem is verwaarloosbaar en bijgevolg is een afzonderlijke bepaling van nitriet niet noodzakelijk. Het gehalte aan nitraat werd uitgedrukt op de droge stof fractie.

Bij elk bemonsteringspunt werden 21 deelsteken genomen i.e. 9 deelsteken in bodemlaag 0-30 cm, 9 deelsteken in bodemlaag 30-60 cm en 3 deelsteken in

¹ Persoonlijke communicatie met Prof. dr. ir. Van Meirvenne, Universiteit Gent.

bodemlaag 60-90 cm. De 21 deelsteken van 1 bemonsteringspunt werden steeds op eenzelfde dag geanalyseerd. Bijgevolg werden de analyses uitgevoerd in 15 reeksen van 21 bodemonsters.

Tijdens de bemonstering werd bij elk bemonsteringspunt (i.e. 15 per veld) een extra deelsteek genomen van de bodemlaag 0 -30 cm. Dit monster werd in het laboratorium in 2 deelmonsters verdeeld die afzonderlijk ingevroren werden. Het eerste deelmonster werd steeds geanalyseerd op dezelfde dag als de andere monsters van het overeenkomstige bemonsteringspunt. Het tweede deelmonster werd gemeten nadat alle reeksen van de 2 velden geanalyseerd waren om alzo een beeld te krijgen van de invloed van de duur van invriezen op het analyseresultaat.

Deze methodiek werd getoetst op 2 types van groentepercelen (1 bandbemesting en 1 rijbemesting gecombineerd met bandbemesting) welke representatief waren voor deze sector.

Schematische weergave van onderzoeksproject fase 1:

Aantal deelsteken per bemonsteringspunt (uitgaande van aanplantingsbreedte van 80 cm):

- Bodemlaag: 0 – 30 cm: 9 steken (op een afstand van 10 cm loodrecht op rijrichting bemesting)
Bodemlaag: 0 – 30 cm: 1 extra deelsteek in het midden
- Bodemlaag: 30 – 60 cm: 9 steken (op een afstand van 10 cm loodrecht op rijrichting bemesting)
- Bodemlaag: 60 – 90 cm: 3 steken (midden + uiteinden)

Aantal bemonsteringspunten per perceel: 15

Aantal monsternames per perceel: 330

Aantal nitraat analyses per perceel: 345

FASE 2: VALIDATIE VAN DE WEERHOUDEN BEMONSTERINGSMETHODIEK

Op basis van de resultaten van fase 1 werd één welbepaalde bemonsteringsmethode weerhouden die aangaf hoeveel deelstalen per monsternamepunt dienden genomen te worden en op welke afstand, en dit in functie van de profieldiepte. Deze methodiek werd in fase 2 gevalideerd op een ander type van groenteperceel, representatief voor wat betreft groentesoort, aanplantingsbreedte, bemestingstype,...
Het 3^{de} groenteperceel werd in duplo bemonsterd.

Bij de 1^{ste} bemonstering van groenteperceel 3 werd van de gecollecteerde monsters (volgens weerhouden bemonsteringsmethodiek) de nitraatanalysen op mengmonsters per monsternamepunt (15) en per bodemlaag (3) uitgevoerd. Uit deze resultaten werd de ruimtelijke variabiliteitcomponent (CV) berekend.

Schematische weergave van projectvoorstel fase 2:

Aantal deelsteken per bemonsteringspunt (uitgaande van aanplantingsbreedte van 80 cm):

- Bodemlaag: 0 – 30 cm: 5 deelsteken (op een afstand van 20 cm van elkaar loodrecht op rijrichting bemesting)
- Bodemlaag: 30 – 60 cm: 3 deelsteken (midden + uiteinden)
- Bodemlaag: 60 – 90 cm: 1 steek (midden)

Bij de 2^{de} bemonstering werd enkel bodemlaag 1 (0-30 cm) bemonsterd zoals hierboven beschreven, maar de verschillende deelsteken werden afzonderlijk gecollecteerd en geanalyseerd.

Aantal bemonsteringspunten per perceel: 2 x 15

Aantal monsternames per perceel: 135 + 75

Aantal nitraat analyses per perceel: 45 (analyse van de mengmonsters per monsternamepunt) + 75 (analyse van de afzonderlijke deelsteken)

HOOFDSTUK 2 BEMONSTERING EN ANALYSE – FASE 1

2.1 Bemonstering 1^{ste} groenteperceel

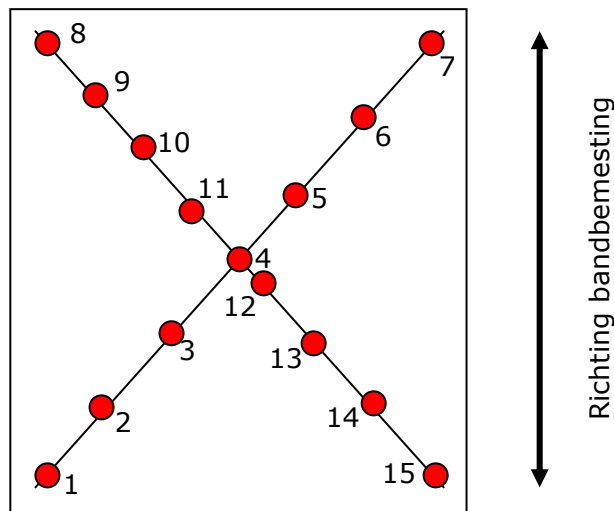
De bemonstering van het 1^{ste} groenteperceel werd uitgevoerd op 25 mei 2009 in Liezele (zandgrond) met volgende kenmerken:

- afmeting perceel: L = 107 m, B = 43 m
- teelt: bloemkolen
- bandbemesting, bemesting $\pm$ 12 cm breed
- bandbemesting werd uitgevoerd eind februari tijdens het aanplanten
- dosering bemesting: 200 N-eenheden/ha
- geen sporen van de bemesting te herkennen bij de bemonstering

In Figuur 2 wordt een weergave gegeven van het bemonsterde groenteperceel. De bemonsteringspunten zijn aangegeven met verschillende lokatiestokken. In Figuur 3 is een schematische weergave gepresenteerd van de 15 bemonsteringspunten. De bemonstering werd uitgevoerd volgens kruisverband.



Figuur 2 Bemonsterde groenteperceel met aanduiding monsternemingspunten



Figuur 3 Schematische weergave van de monsternemingspunten

Per monsternemingspunt werden van de bodemlagen 0-30 cm en 30-60 cm 9 deelsteken genomen verspreid over een afstand van 80 cm, loodrecht op de richting van de bandbemesting. Van bodemlaag 60-90 cm werden 3 deelsteken genomen verspreid over de afstand van 80 cm (i.e. 2 uiteinden en 1 in het midden). In Figuur 4 is een weergave gegeven van de deelsteken per bemonsteringspunt.



Figuur 4 Weergave deelsteken per bemonsteringspunt

De monsters werden gecollecteerd met een boor met binnendiameter van 20 cm in de bodemlaag 0 -30 cm, terwijl voor de bodemlagen 30-60 cm en 60-90 cm een boor met binnendiameter van 13 mm werd gehanteerd. Alle deelsteken werden in afzonderlijke recipiënten (plastieken zakje) bewaard (Figuur 5).

Bij elk bemonsteringspunt werden bijgevolg 21 deelsteken genomen i.e. 9 deelsteken in bodemlaag 0-30 cm, 9 deelsteken in bodemlaag 30-60 cm en 3 deelsteken in bodemlaag 60-90 cm.

Bijkomend werd tijdens de bemonstering bij elk bemonsteringspunt (i.e. 15 per veld) een extra deelsteek genomen van de bodemlaag 0-30 cm. Dit monster werd in het laboratorium in 2 deelmonsters verdeeld die afzonderlijk ingevroren werden. Het eerste deelmonster werd steeds geanalyseerd op dezelfde dag als de andere monsters van het overeenkomstige bemonsteringspunt. Het tweede deelmonster werd gemeten nadat

alle reeksen van de 2 velden geanalyseerd waren om also een beeld te krijgen van de invloed van de duur van invriezen op het analyseresultaat.



Figuur 5 Monsternemingsrecipiënten

Alle stalen werden gekoeld naar het laboratorium gebracht. Gezien het groot aantal te analyseren stalen, werden alle stalen ingevroren om vervolgens stapsgewijs de monsters te ontdooien, te extraheren en te analyseren.

2.2 Bemonstering 2^{de} groenteperceel

De bemonstering van het 2^{de} groenteperceel werd uitgevoerd op 17 juni 2009 in Puurs (zandgrond) met volgende kenmerken:

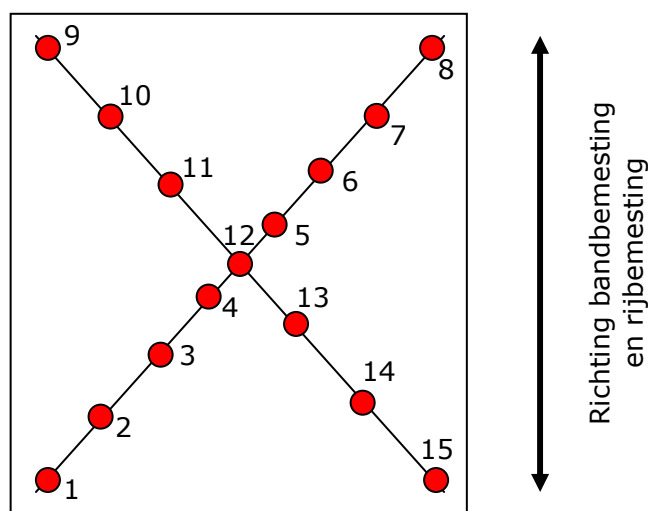
- afmeting perceel: L = 120 m, B = 24 m
- teelt: bloemkolen
- bandbemesting en rijbemesting gecombineerd
- bemesting werd uitgevoerd begin april (band- en rijbemesting werd gelijktijdig uitgevoerd)
- dosering bemesting: totaal 300 N-eenheden/ha
- geen sporen van de bemesting te herkennen bij de bemonstering





Figuur 6 Weergave van het bemonsterde groenteperceel

In Figuur 6 wordt een weergave gegeven van het bemonsterde groenteperceel. De bemonsteringspunten zijn aangegeven met verschillende lokatiestokken. Een schematische weergave van de toegepaste monsternamprocedure wordt getoond in Figuur 7. De bemonstering werd uitgevoerd volgens kruisverband.



Figuur 7 Schematische weergave van de monsternemingspunten

Eenzelfde methodiek van bemonstering zoals beschreven bij het 1^{ste} groenteperceel werd toegepast op het 2^{de} groenteperceel. In Figuur 8 is een beeld gegeven van de bemonsteringspunten.



Figuur 8 Bemonsteringspunten met meetlat

2.3 Monstervoorbehandeling en analyse in het laboratorium

De bepaling van nitraat in bodem werd uitgevoerd zoals beschreven in het compendium 'Bemonsterings- en analyseprocedures voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet'. De aanbevolen analysemethoden voor bodem zijn terug te vinden op de website.² Een korte beschrijving van de toegepaste procedure is hieronder weergegeven.

De analyse werd uitgevoerd op veldvochtige monsters. De ingevroren monsters werden overnacht ontdooid bij 4°C. Na ontdooien werden de veldvochtige monsters in een mortier gehomogeniseerd en verijnd. Voorafgaandelijk aan de analyse werden de bodemonsters geëxtraheerd met 1M KCl. Bij de extractie van de veldvochtige monsters werd aan 40 g monster 200 ml 1 M KCl toegevoegd.

Opmerking: Van een aantal deelsteken was er onvoldoende bodemonster aanwezig om een extractie uit te voeren op een 40 g portie. Bijgevolg werd een kleinere hoeveelheid afgewogen en werd het volume extractievloeistof aangepast zodat steeds een verhouding van 1:5 bodem: vloeistof werd gerespecteerd.

Aansluitend werd gedurende 1 uur de oplossing geschud op een schudtafel en vervolgens gefiltreerd over een zwartbandfilter die vooraf werd gespoeld met 10 ml 1M KCl. De eerste 10 ml van het extract werden verwijderd. Het extract werd vervolgens geanalyseerd met een doorstroomanalysesysteem t.o.v. een ijking uitgevoerd met 1M KCl. Verdunningen werden steeds aangemaakt in 1M KCl.

Het nitraatgehalte werd spectrofotometrisch bepaald met een doorstroomanalysesysteem zoals beschreven in het compendium.³ Bij deze bepaling werd het gehalte aan totaal oxideerbare stikstof (som van nitraat en nitriet) gemeten. De bepaling is gebaseerd op de Griess-Ilosvay kleurreactie. Stikstof in de vorm van nitriet geeft aanleiding tot een roze kleur waarvan de intensiteit evenredig is met de concentratie. Om het gehalte aan nitraat en nitriet te bepalen moet nitraat omgezet worden in nitriet door een reductie.

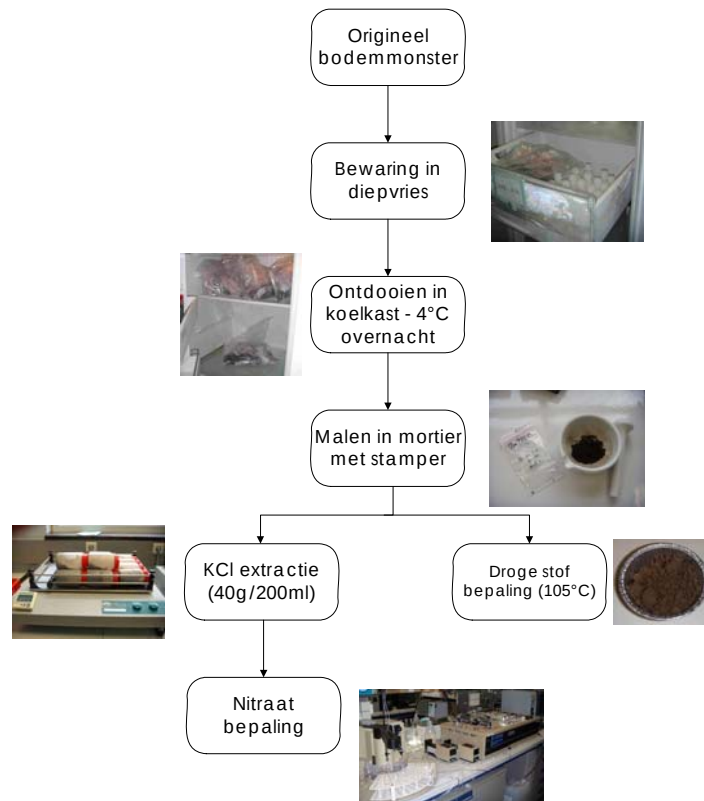
Het gehalte aan nitriet in de bodem is verwaarloosbaar en bijgevolg is een afzonderlijke bepaling van nitriet niet noodzakelijk. Het gehalte aan nitraat werd uitgedrukt op de droge stof fractie, bepaald bij 105°C.

² <http://www.emis.vito.be/index.cfm?PageID=439>

³ http://www.emis.vito.be/EMIS/Media/referentielabo_VLM_BAM_deel1-4.pdf

De 21 deelsteken van 1 bemonsteringspunt werden steeds op eenzelfde dag geanalyseerd. Bijgevolg werden de analyses uitgevoerd in 15 meetreeksen van 21 bodemmonsters. Bij elke meetreeks werd een blanco monster (i.e. blanco extract van 1M KCl) en 1 controlemonster (i.e. extract van een referentiemonster) geanalyseerd.

Een schematische weergave van het analysetraject is weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9 Schematische weergave van het analysetraject

Bij de berekening van het gehalte aan nitraat in kg NO₃-N/ha werd voor beide groentepercelen volgende dichtheden in rekening gebracht:

- bodemlaag 0 – 30 cm: 1250 kg/m³
- bodemlaag 30 – 60 cm: 1500 kg/m³
- bodemlaag 60 – 90 cm: 1500 kg/m³

HOOFDSTUK 3 RESULTATEN FASE 1

3.1 Methodiek verwerking resultaten

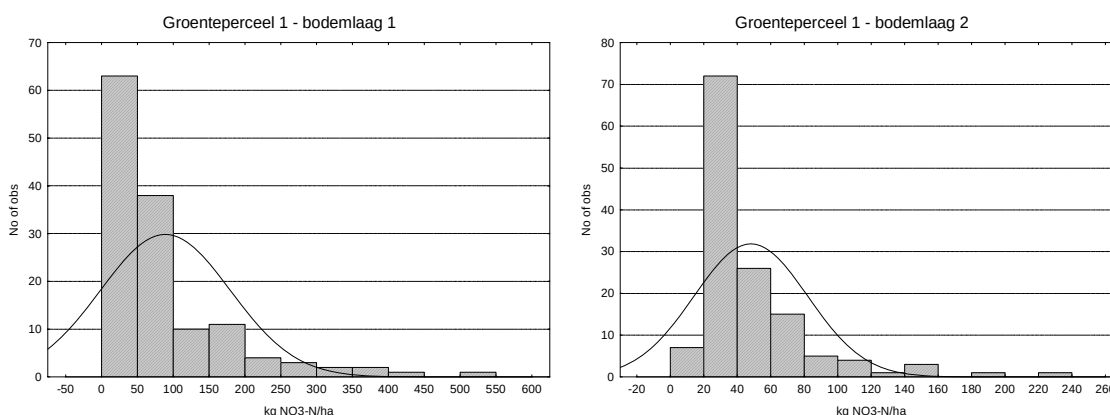
De bekomen resultaten werden verwerkt per groenteperceel en per bodemlaag. Van alle afzonderlijke deelsteken van één groenteperceel werd het nitraatgehalte bepaald. De bekomen dataset bevat bijgevolg volgende analyseresultaten:

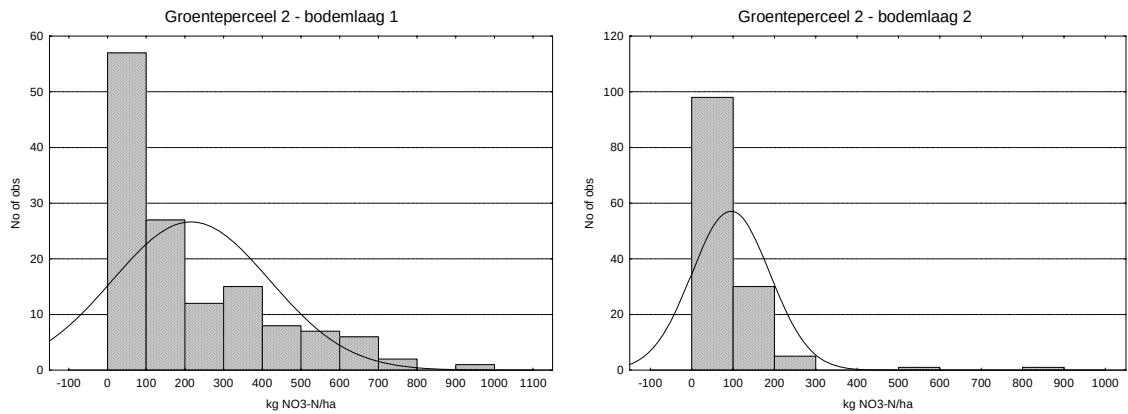
- Bodemlaag 1: 9 nitraat gehalten per monsternamepunt, 15 monsternamepunten (totaal: 135 analyseresultaten)
- Bodemlaag 2: 9 nitraat gehalten per monsternamepunt, 15 monsternamepunten (totaal: 135 analyseresultaten)
- Bodemlaag 3: 3 nitraat gehalten per monsternamepunt, 15 monsternamepunten (totaal: 45 analyseresultaten)

3.1.1 Normaliteitsverdeling van de data

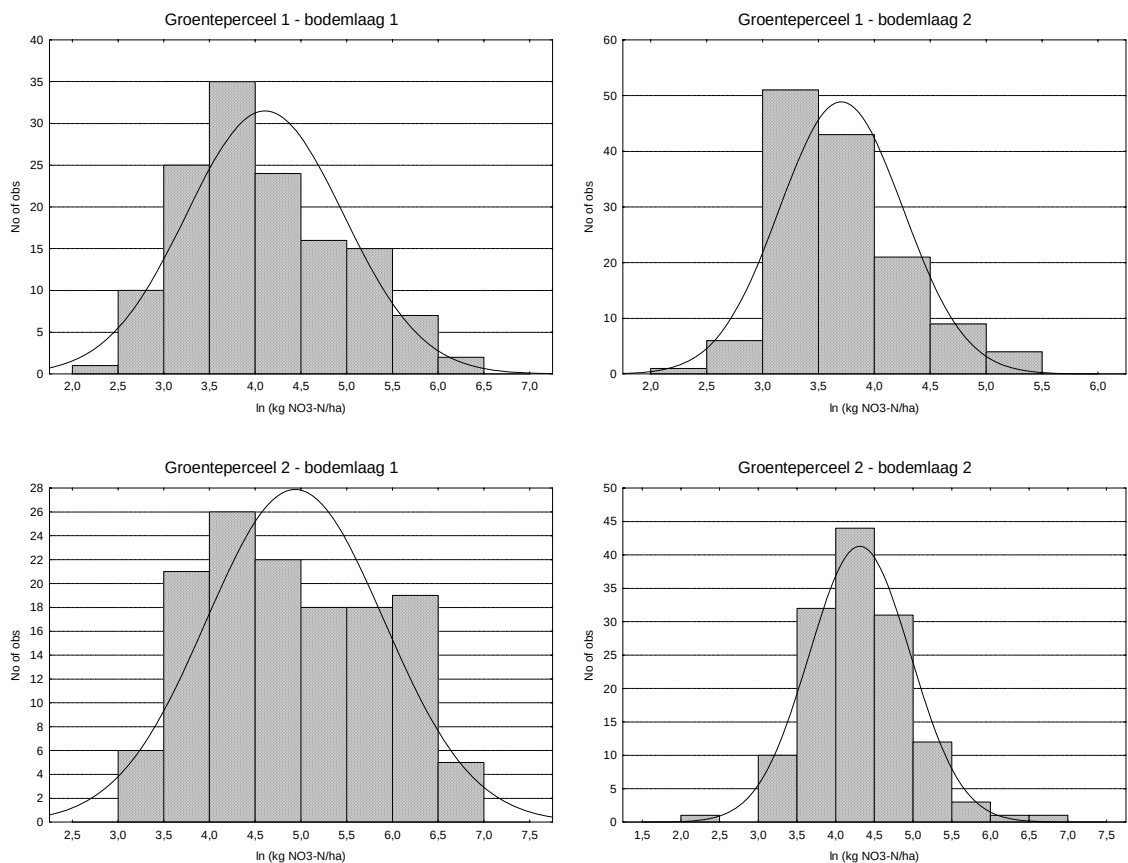
In Figuur 10 wordt het histogram weergegeven van het nitraatstikstofgehalte voor beide groentepercelen zowel voor bodemlaag 1 als 2. Deze figuren tonen aan dat de bekomen nitraat gehalten resulteren in een asymmetrische verdeling met een scheefheid aan de rechterzijde van de grafiek, toe te schrijven aan hogere nitraatgehalten die werden opgemeten. Vergelijkbare histogrammen voor het nitraatgehalte worden in de literatuur beschreven (Van Meirvenne *et al.*, 2003).

Na ln-transformatie (Figuur 11) zijn de hoge nitraatgehalten minder uitgesproken, doch de ln-transformatie resulteert niet in een normaalverdeling van de bekomen data.





Figuur 10 Histogram van $\text{NO}_3\text{-N}$ gehalten voor de 2 groentepercelen van bodemiaag 1 (0-30 cm) en 2 (30-60 cm)



Figuur 11 Histogram van de $\ln$ -getransformeerde $\text{NO}_3\text{-N}$ gehalten voor de 2 groentepercelen van bodemiaag 1 (0-30 cm) en 2 (30-60 cm)

3.1.2 Grafische weergave van nitraatverdeling per monsternamepunt

De verdeling van het nitraatgehalte per monsternamepunt voor de 3 bodemlagen wordt grafisch weergegeven. Bijgevolg worden per groenteperceel 15 figuren (i.e. 15 monsternamepunten) opgemaakt met de weergave van deze verdeling.

3.1.3 Berekening van gemiddelde nitraatgehalten en de variatiecoëfficiënten

Van de bekomen data werd het gemiddelde en de % variatiecoëfficiënt (=standaardafwijking/gemiddelde*100) i.e. veldvariabiliteit berekend.

Uitgaande van het feit dat per monsternamepunt de codering van de 9 deelmonsters, telkens op een afstand van 10 cm, als volgt is:

1 2 3 4 5 6 7 8 9

werden voor bodemlaag 1 en 2 volgende berekeningen uitgevoerd van de dataset:

- nitraatgehalte van alle (9) deelmonsters, telkens van de 15 monsternamepunten werd in rekening gebracht (i.e. volledige dataset van 1 bodemlaag, 135 resultaten). Bij deze berekeningen wordt ervan uitgegaan dat per monsternamepunt 9 deelsteken worden genomen om de 10 cm.
- nitraatgehalte van deelmonster 1+3+5+7+9, telkens van de 15 monsternamepunten werd in rekening gebracht (75 resultaten). Bij deze berekeningen wordt ervan uitgegaan dat per monsternamepunt 5 deelsteken worden genomen om de 20 cm.
- nitraatgehalte van deelmonster 1+5+9, telkens van de 15 monsternamepunten werd in rekening gebracht (45 resultaten). Bij deze berekeningen wordt ervan uitgegaan dat per monsternamepunt 3 deelsteken worden genomen om de 40 cm.
- nitraatgehalte van slechts 1 deelmonsters, telkens van de 15 monsternamepunten werd berekend (en dit voor de 9 deelmonsters afzonderlijk) (telkens 15 resultaten).

Voor bodemlaag 3 waarbij slechts 3 deelsteken per monsternamepunt werden genomen (positie 1 – 5 – 9) werden volgende berekeningen uitgevoerd:

- nitraatgehalte van alle (3) deelmonsters, telkens van de 15 monsternamepunten werd in rekening gebracht (45 resultaten). Bij deze berekeningen wordt ervan uitgegaan dat per monsternamepunt 3 deelsteken worden genomen om de 40 cm.
- nitraatgehalte van slechts 1 deelmonsters, telkens van de 15 monsternamepunten werd berekend (en dit voor de 3 deelmonsters afzonderlijk) (telkens 15 resultaten).

Voor de bodemlaag 0 – 90 cm werd de som berekend op verschillende manieren:

- Alle resultaten werden in rekening gebracht bij de berekening van het nitraatgehalte over de totale diepte.
Som(alles deelsteken)= som van [gemiddelde van alle deelsteken (9) van bodemlaag 1 + gemiddelde van alle deelsteken (9) van bodemlaag 2 + gemiddelde van alle deelsteken (3) van bodemlaag 3]
- Van bodemlaag 1, 2 en 3 werden respectievelijk de nitraatgehalten van 5 deelsteken (1, 3, 5, 7, 9), 3 deelsteken (1, 5, 9) en 1 deelsteek (5) in rekening gebracht.
Som (B1-deelsteken 1+3+5+7+9, B2-deelsteken 1+5+9, B3-deelsteek 5)= som van [gemiddelde van deelsteken 1+3+5+7+9 van bodemlaag 1 + gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 2 + gemiddelde van deelsteek 5 van bodemlaag 3]
- Van bodemlaag 1, 2 en 3 werden respectievelijk de nitraatgehalten van 3 deelsteken (1, 5, 9), 3 deelsteken (1, 5, 9) en 1 deelsteek (5) in rekening gebracht.
Som (B1-deelsteken 1+5+9, B2-deelsteken 1+5+9, B3-deelsteek 5)= som van [gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 1 + gemiddelde van

deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 2 + gemiddelde van deelsteek 5 van bodemlaag 3]

- Van bodemlaag 1, 2 en 3 werd het nitraatgehalte van slechts 1 deelsteek in rekening gebracht bij de berekening van het nitraatgehalte over de totale diepte. Deze somberekening werd uitgevoerd voor deelsteek 1, deelsteek 5 en deelsteek 9. Deze methodiek is de huidige toepasbare procedure conform BAM.

Som (B1/B2/B3-deelsteek x) = som van [deelsteek x van bodemlaag 1 + deelsteek x van bodemlaag 2 + deelsteek x van bodemlaag 3]

3.1.4 Berekening van nitraatgehalten en variatiecoëfficiënten in functie van aantal deelsteken

Bij de bodemlagen 1 en 2 werden per monsternamepunt 9 deelsteken genomen. Bij de berekening van het gemiddelde nitraatgehalte en %CV in functie van het aantal deelsteken kunnen bijgevolg verschillende combinaties geselecteerd worden. In Tabel 1 is weergegeven hoeveel combinaties mogelijk zijn in functie van het aantal deelsteken. Uit alle combinaties van een welbepaald aantal deelsteken werd de mediaan waarde berekend, alsook minimum en maximum van de nitraatgehalten en %CV van de mediaanwaarden. Rekening houdend met een foutenvlag van 20% op de mediaanwaarde van het nitraatgehalte, kan afgeleid worden hoeveel deelsteken per monsternamepunt minimaal nodig zijn om binnen deze precisie te vallen.

Tabel 1 Aantal combinatiemogelijkheden ifv aantal deelsteken (bodemlagen 1 en 2)

# deelsteken	# combinaties
1 deelsteek	9
2 deelsteken	36
3 deelsteken	84
4 deelsteken	126
5 deelsteken	126
6 deelsteken	84
7 deelsteken	36
8 deelsteken	9
9 deelsteken	1

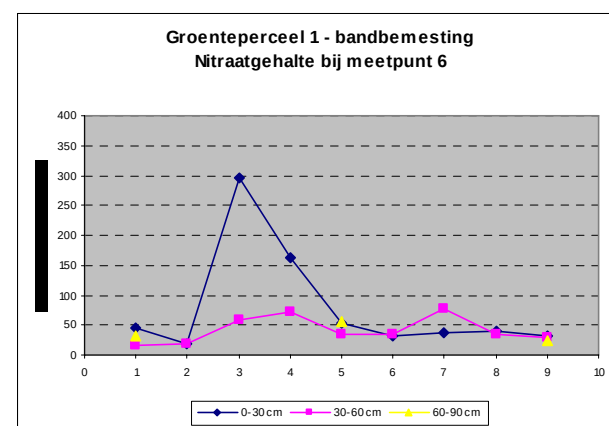
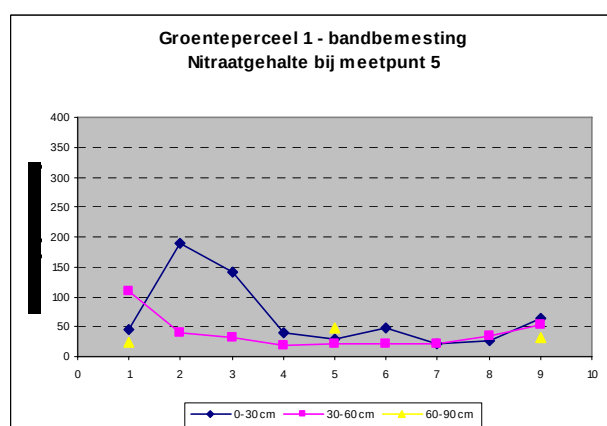
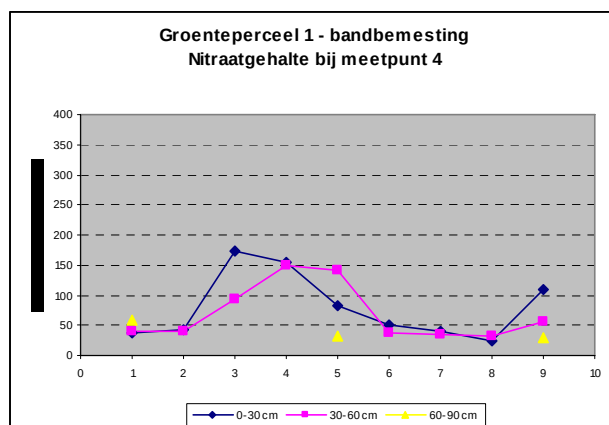
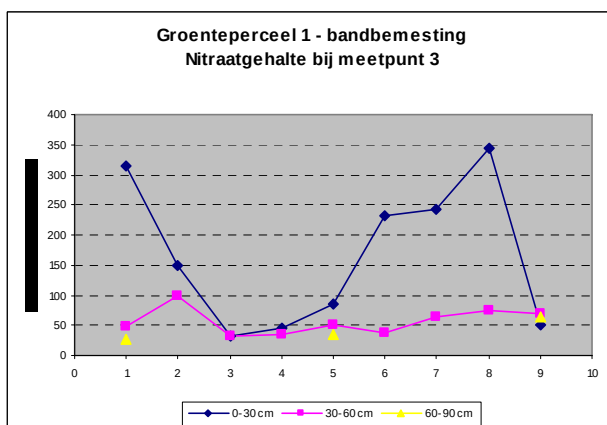
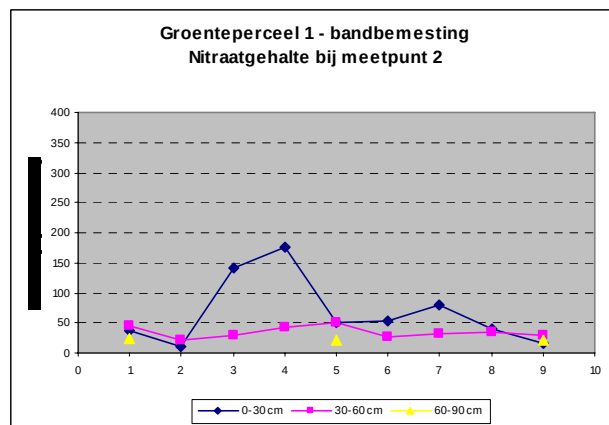
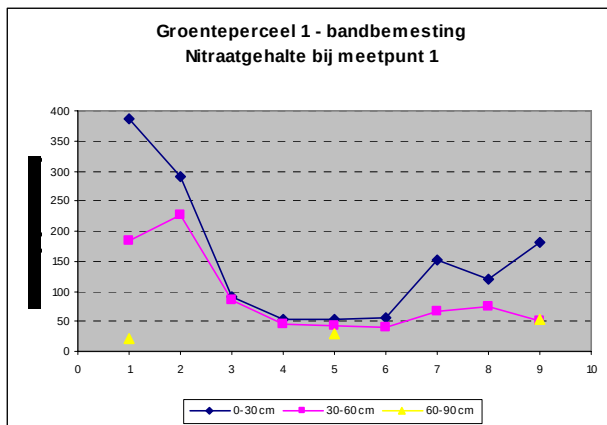
3.2 Resultaten 1^{ste} groenteperceel

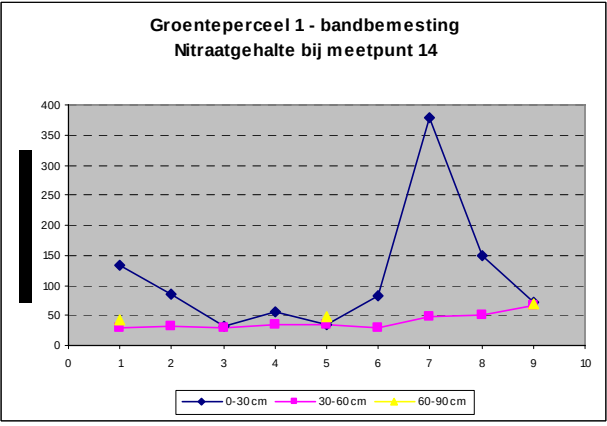
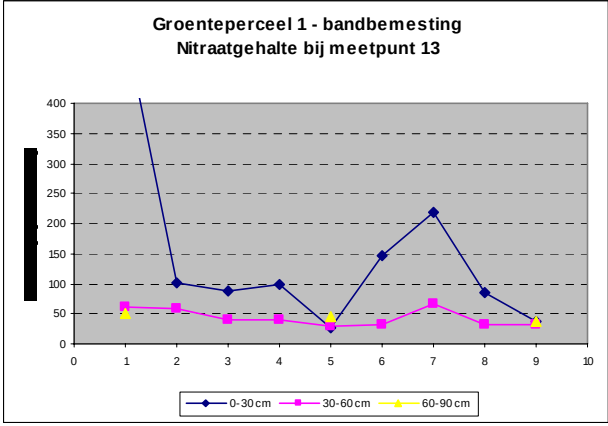
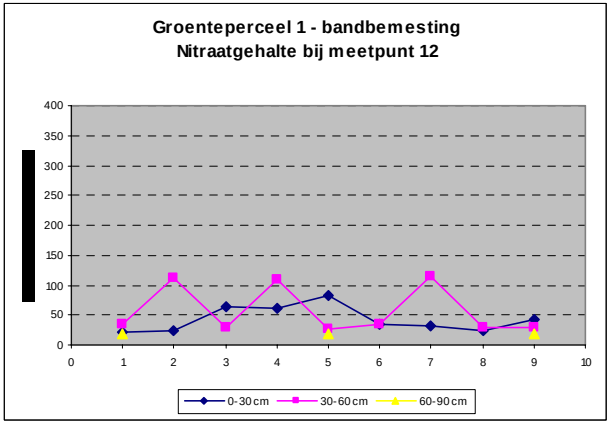
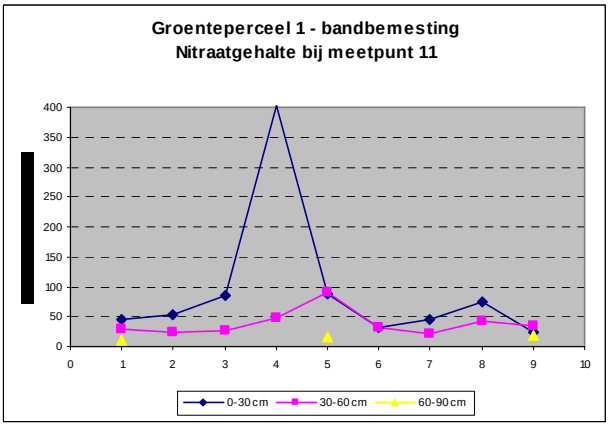
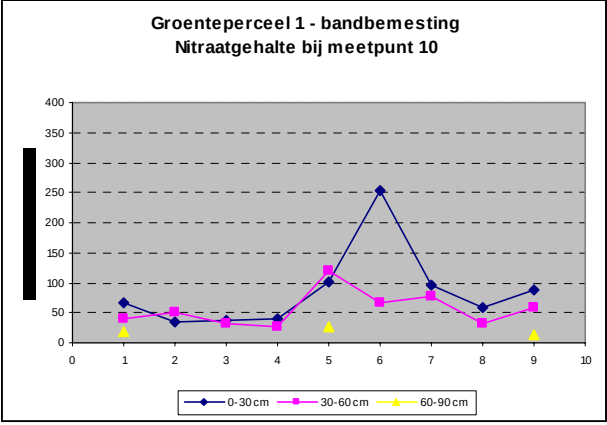
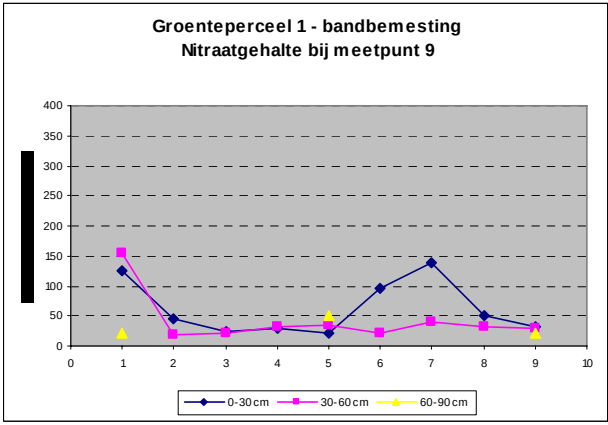
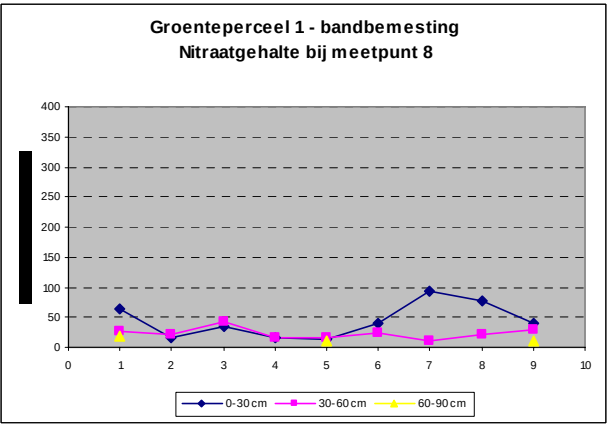
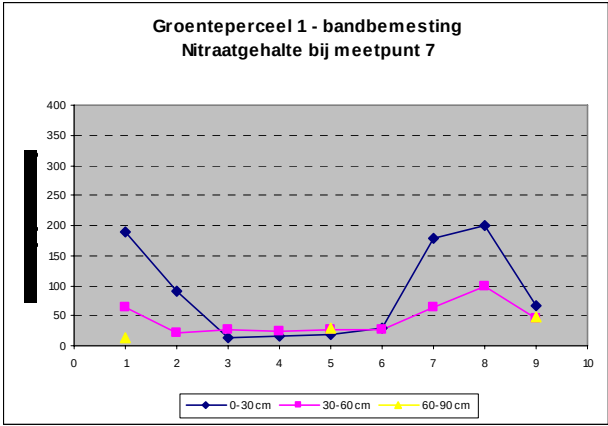
3.2.1 Nitraatverdeling per monsternamepunt voor groenteperceel 1

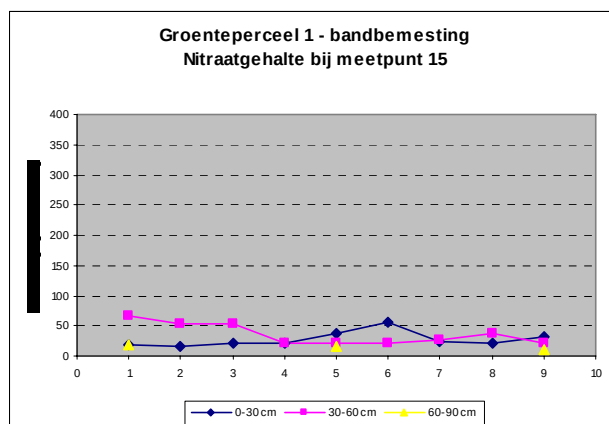
In Figuur 12 zijn voor de 15 monsternamepunten de profielen weergegeven van het nitraatgehalte per bodemlaag. Bodemlaag 1 wordt weergegeven in blauwe kleur, bodemlaag 2 in roze kleur en bodemlaag 3 in gele kleur.

Uit deze verdelingen valt af te leiden dat door gebruik te maken van een bandbemesting het nitraatgehalte niet homogeen verdeeld is over het volledige veld. Bij de verschillende monsternamepunten komt naar voren dat de eerste deelsteek afwisselend wordt genomen i.e. in de bandbemestingstrook, tussen de strook, juist naast de bandbemesting,... Door per monsternamepunt (en per bodemlaag) meerdere deelsteken te nemen wordt een uitmiddeling bekomen van het nitraatgehalte voor elk monsternamepunt en kan een beeld verkregen worden van de korte afstandsvariabiliteit.

Uit de figuren kan afgeleid worden dat de verdeling van het nitraatgehalte in bodemlaag 1 en bodemlaag 2 voor eenzelfde meetpunt/monsternamepunt meestal een vergelijkbaar profiel heeft, enkel het nitraatgehalte in bodemlaag 2 is lager dan in bodemlaag 1. Het nitraatgehalte in bodemlaag 3 ligt veelal lager t.o.v. de bovenste laag.







Figuur 12 Profiel van het nitraatgehalte per monsternamepunt voor groenteperceel 1

3.2.2 Gemiddelde nitraatgehalten en variatiecoëfficiënten voor groenteperceel 1

Van de bekomen data werd het gemiddelde en de % variatiecoëfficiënt (=standaardafwijking/gemiddelde*100) i.e. veldvariabiliteit berekend.

Verschillende berekeningen werden uitgevoerd in functie van het aantal deelsteken. Voor een exacte beschrijving van de methodiek wordt verwezen naar paragraaf 3.1.3 op pagina 16.

In Tabel 2 zijn de berekeningen weergegeven voor bodemlaag 1. Indien voor de verschillende monsternamepunten telkens de resultaten van alle deelsteken wordt verwerkt, wordt een gemiddeld nitraatgehalte van 88 kg NO₃-N/ha bekomen met een % variatiecoëfficiënt van 47%. Aangenomen mag worden dat deze bemonstering als 'optimaal' kan beschouwd worden, en de veldvariabiliteit van groenteperceel 1 ongeveer 47% bedraagt.

Tabel 2 Verwerking groenteperceel 1 – bodemlaag 0-30 cm

Nitraat in bodem (kg NO ₃ -N/ha) - bodemlaag 0 - 30 cm								
kg NO ₃ -N/ha	punt 1	punt 2	...	...	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1	388	38			132	18	137	112
Deelsteek 2	289	12			84	15	78	101
Deelsteek 3	91	140			31	20	85	91
Deelsteek 4	53	176			56	22	92	111
Deelsteek 5	52	50			35	38	52	56
Deelsteek 6	56	54			82	55	83	87
Deelsteek 7	151	81			378	24	119	85
Deelsteek 8	121	40			150	22	89	98
Deelsteek 9	181	15			73	32	59	72
Gemidd. Steek 1 tem 9	154	67			114	27	88	47
Gemidd. Steek 1+3+5+7+9	173	65			130	26	90	51
Gemidd. Steek 1+5+9	207	34			80	29	83	69

Opmerking: De individuele nitraatgehalten van punt 3 t.e.m. punt 13 zijn niet weergegeven in deze tabel. Echter werden deze waarden wel mee in rekening gebracht voor de berekeningen. Voor de weergave van de volledige dataset: zie bijlage 1.

Indien slechts 5 deelsteken (staalname om de 20 cm per monsternamepunt) wordt gebruikt voor de berekening van het gemiddelde nitraatgehalte, wordt een waarde van 90 kg NO₃-N/ha bekomen met een % CV van 51%. Verdere reductie van het aantal deelsteken naar 3 (staalname om de 40 cm per monsternamepunt) resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte van 83 kg NO₃-N/ha en een % CV van 69%. Deze verhoging van de variatiecoëfficiënt zal resulteren in een lagere precisie van het nitraatgehalte. Toepassing van de huidige methodiek i.e. 1 (deel)steek per monsternamepunt resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte variërend tussen 52 en 137 kg NO₃-N/ha (% CV tussen 72 en 112%), wat meer dan $\pm 20\%$ afwijkt van de 'juiste' waarde van 88 kg NO₃-N/ha.

Uit deze resultaten kan men afleiden dat 5 deelsteken per monsternamepunt leidt tot vergelijkbare resultaten met deze van de 'optimale' bemonstering i.e. 9 deelsteken per monsternamepunt.

In Tabel 3 zijn de berekeningen weergegeven voor bodemlaag 2. Eenzelfde methodiek als voor bodemlaag 1 werd toegepast. Het in rekening brengen van alle deelsteken per monsternamepunt resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte van 48 met een variatiecoëfficiënt van 34%. Reductie naar 5 en 3 deelsteken resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte van resp. 50 en 52 kg NO₃-N/ha en een % CV van resp. 31 en 39%. Toepassing van de huidige methodiek i.e. 1 (deel)steek per monsternamepunt resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte variërend tussen 33 en 64 kg NO₃-N/ha (% CV tussen 34 en 99%), wat meer dan $\pm 20\%$ afwijkt van de 'juiste' waarde van 48 kg NO₃-N/ha.

Uit deze resultaten kan men afleiden dat 3 deelsteken per monsternamepunt leidt tot vergelijkbare resultaten met deze van de 'optimale' bemonstering i.e. 9 deelsteken per monsternamepunt.

Tabel 3 Verwerking groenteperceel 1 – bodemlaag 30-60 cm

Nitraat in bodem (kg NO ₃ -N/ha) - bodemlaag 30 - 60 cm								
kg NO ₃ -N/ha		punt 1	punt 2	...	...	punt 14	punt 15	gemidd. veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1		184	46			31	67	64 77
Deelsteek 2		226	21			32	53	56 99
Deelsteek 3		87	30			30	54	42 52
Deelsteek 4		45	43			35	22	48 76
Deelsteek 5		43	52			35	20	50 76
Deelsteek 6		40	28			30	23	33 34
Deelsteek 7		68	31			47	28	51 55
Deelsteek 8		74	36			50	37	44 48
Deelsteek 9		52	28			67	22	42 37
Gemidd. Steek 1 tem 9		91	35			40	36	48 34
Gemidd. Steek 1+3+5+7+9		87	37			42	38	50 31
Gemidd. Steek 1+5+9		93	42			44	37	52 39

Opmerking: De individuele nitraatgehalten van punt 3 t.e.m. punt 13 zijn niet weergegeven in deze tabel. Echter werden deze waarden wel mee in rekening gebracht voor de berekeningen. Voor de weergave van de volledige dataset: zie bijlage 1.

In Tabel 4 worden de resultaten weergegeven voor bodemlaag 3. Bij de berekening van het gemiddelde nitraatgehalte uit alle (3) deelsteken wordt een waarde van 30 kg NO₃-N/ha bekomen met een %CV van 41%. Toepassing van de huidige methodiek i.e. 1 (deel)steek per monsternamepunt resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte variërend tussen 27 en 33 kg NO₃-N/ha (% CV tussen 45 en 61%), wat binnen een afwijking van $\pm 20\%$ ligt van de 'juiste' waarde van 30 kg NO₃-N/ha.

Uit deze resultaten kan men afleiden dat 1 (deel)steek per monsternamepunt leidt tot vergelijkbare resultaten met deze van de 'optimale' bemonstering i.e. 3 deelsteken per monsternamepunt.

Tabel 4 Verwerking groenteperceel 1 – bodemlaag 60-90 cm

Nitraat in bodem (kg NO₃-N/ha) - bodemlaag 60 - 90 cm

kg NO ₃ -N/ha	punt 1	punt 2	...	...	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1	22	24			44	18	27	52
Deelsteek 5	30	20			47	15	32	45
Deelsteek 9	54	21			70	12	32	61
Gemidd. Steek 1+ 5+9	35	22			54	15	30	41

Opmerking: De individuele nitraatgehalten van punt 3 t.e.m. punt 13 zijn niet weergegeven in deze tabel. Echter werden deze waarden wel mee in rekening gebracht voor de berekeningen. Voor de weergave van de volledige dataset: zie bijlage 1.

In Tabel 5 zijn de resultaten weergegeven voor de totale diepte van 0–90 cm. Bij een eerste berekening werden de resultaten van alle deelmonsters in rekening gebracht. Het gemiddelde nitraatgehalte over het bodemprofiel 0-90 cm werd berekend uit de som van de gemiddelden per bodemlaag (zie § 3.1.3). Een gemiddeld nitraatgehalte van 166 kg NO₃-N/ha met een variatiecoëfficiënt van 36% werd bekomen. Deze waarden worden als 'referentiewaarden' beschouwd bij de verdere evaluatie.

Uit de bovenstaande analyses kan afgeleid worden dat volgende bemonsteringsmethodiek, uitgevoerd op 15 monsternamepunten in kruisverband, representatief was voor het geheel:

- 5 deelsteken/ monsternamepunt voor bodemlaag 1;
- 3 deelsteken/ monsternamepunt voor bodemlaag 2;
- 1 steek voor bodemlaag 3.

Bijgevolg werd voor de berekening van het gemiddelde nitraatgehalte over de totale diepte van 0-90 cm de resultaten van deze deelsteken in rekening gebracht resulterend in een gemiddeld nitraatgehalte van 174 kg NO₃-N/ha en een %CV van 37%. Deze resultaten zijn zowel voor het gemiddelde nitraatgehalte als voor de veldvariabiliteit in overeenstemming met de 'referentiewaarden'.

Tabel 5 Verwerking groenteperceel 1 – bodemlaag 0-90 cm

Nitraat in bodem (kg NO ₃ -N/ha) - bodemlaag 0 - 90 cm									
kg NO ₃ -N/ha		punt 1	punt 2	...	...	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit
								% CV	
Laag 1	Deelsteek 1	388	38			132	18	137	112
	Deelsteek 2	289	12			84	15	78	101
	Deelsteek 3	91	140			31	20	85	91
	Deelsteek 4	53	176			56	22	92	111
	Deelsteek 5	52	50			35	38	52	56
	Deelsteek 6	56	54			82	55	83	89
	Deelsteek 7	151	81			378	24	119	85
	Deelsteek 8	121	40			150	22	89	98
	Deelsteek 9	181	15			73	32	59	72
Laag 2	Deelsteek 1	184	46			31	67	64	77
	Deelsteek 2	226	21			32	53	56	99
	Deelsteek 3	87	30			30	54	42	52
	Deelsteek 4	45	43			35	22	48	76
	Deelsteek 5	43	52			35	20	50	76
	Deelsteek 6	40	28			30	23	33	34
	Deelsteek 7	68	31			47	28	51	55
	Deelsteek 8	74	36			50	37	44	48
	Deelsteek 9	52	28			67	22	42	37
Laag 3	Deelsteek 1	22	24			44	18	27	52
	Deelsteek 5	30	20			47	15	32	45
	Deelsteek 9	54	21			70	12	32	61
Som	Alle deelsteken	280	124			207	78	166	36
Som	B1 - deelsteken 1+3+5+7+9 B2 - deelsteken 1+5+9 B3 - deelsteek 5	295	127			221	78	174	37
Som	B1- deelsteek 1+5+9 B2 - deelsteek 1+5+9 B3-deelsteek 5	329	97			171	81	167	44
Som	B1/B2/B3- deelsteek 1	594	109			206	103	228	80
	B1/B2/B3- deelsteek 5	124	122			117	73	134	46
	B1/B2/B3- deelsteek 9	287	64			210	66	133	49

Opmerking: De individuele nitraatgehalten van punt 3 t.e.m. punt 13 zijn niet weergegeven in deze tabel. Echter werden deze waarden wel mee in rekening gebracht voor de berekeningen. Voor de weergave van de volledige dataset: zie bijlage 1.

- Som(alle deelsteken)= som van [gemiddelde van alle deelsteken van bodemlaag 1 + gemiddelde van alle deelsteken van bodemlaag 2 + gemiddelde van alle deelsteken van bodemlaag 3]
- Som (B1-deelsteken 1+3+5+7+9, B2-deelsteken 1+5+9, B3-deelsteek 5)= som van [gemiddelde van deelsteken 1+3+5+7+9 van bodemlaag 1 + gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 2 + gemiddelde van deelsteek 5 van bodemlaag 3]
- Som (B1-deelsteken 1+5+9, B2-deelsteken 1+5+9, B3-deelsteek 5)= som van [gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 1 + gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 2 + gemiddelde van deelsteek 5 van bodemlaag 3]
- Som (B1/B2/B3-deelsteek x)= som van [deelsteek x van bodemlaag 1 + deelsteek x van bodemlaag 2 + deelsteek x van bodemlaag 3]

Berekening van het gemiddelde nitraatgehalte over de volledige profieldiepte waarbij 3 deelsteken voor bodemlaag 1 en 2 worden genomen en 1 steek voor bodemlaag 3, resulteert in een vergelijkbare gemiddelde nitraatwaarde met de 'referentiewaarde', echter wordt er een verhoging van de veldvariabiliteit (%CV van 36% naar 44%) vastgesteld.

Het gemiddelde nitraatgehalte (0-90 cm) bepaald volgens de huidige methodiek i.e. 1 (deel)steek per monsternamepunt resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte:

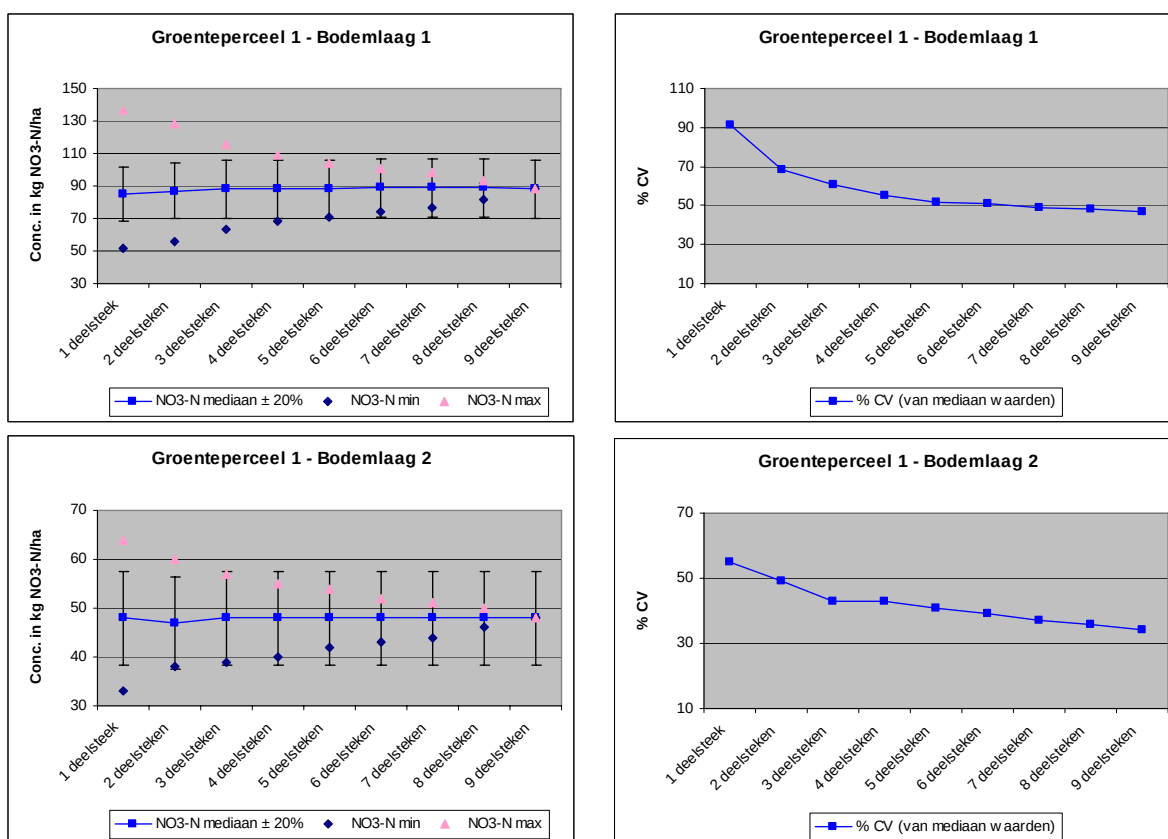
- van 228 kg NO₃-N/ha (80% CV) voor de steek telkens genomen op positie 1;
- van 134 kg NO₃-N/ha (46% CV) voor de steek telkens genomen op positie 5;
- van 133 kg NO₃-N/ha (49% CV) voor de steek telkens genomen op positie 9;

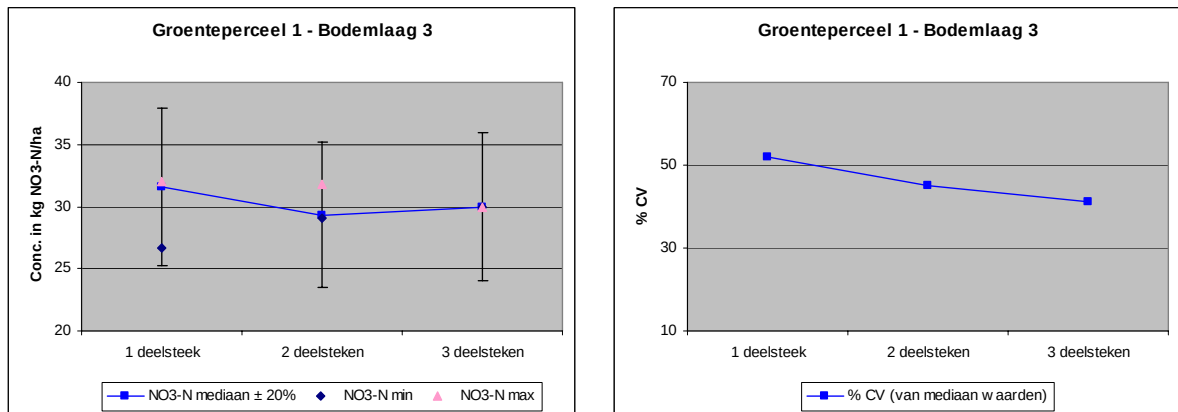
wat meer dan $\pm 20\%$ afwijkt van de 'juiste' waarde van 166 kg NO₃-N/ha en afhankelijk van de geselecteerde positie in een veldvariabiliteit variërend tussen 46% en 80%.

3.2.3 Nitraatgehalten en variatiecoëfficiënten in functie van aantal deelsteken voor groenteperceel 1

Bij de bodemlagen 1 en 2 werden per monsternamepunt 9 deelsteken genomen. Bij de berekening van het gemiddelde nitraatgehalte en %CV in functie van het aantal deelsteken kunnen bijgevolg verschillende combinaties geselecteerd worden. In Tabel 1 werd weergegeven hoeveel combinaties mogelijk zijn in functie van het aantal deelsteken. Uit alle combinaties van een welbepaald aantal deelsteken werd de mediaan waarde berekend, alsook minimum en maximum van de nitraatgehalten en %CV van de mediaanwaarden. Rekening houdend met een foutenvlag van 20% op de mediaanwaarde van het nitraatgehalte, kan afgeleid worden hoeveel deelsteken per monsternamepunt minimaal nodig zijn om binnen deze precisie te vallen.

Voor groenteperceel 1 zijn de resultaten weergegeven in Figuur 13.





Figuur 13 Nitraatgehalten en % CV van groenteperceel 1 ifv het aantal deelsteken

Uit de grafiek valt af te leiden dat voor bodemlaag 1 (0-30 cm) 5 deelsteken/monsternamepunt nodig zijn opdat alle waarden binnen de precisie van $\pm 20\%$ vallen (t.o.v. de mediaanwaarde). Ook de %CV daalt exponentieel in functie van het aantal deelsteken. Bij bodemlaag 2 (30-60 cm) zijn 3 deelsteken/monsternamepunt nodig opdat alle waarden binnen de precisie van $\pm 20\%$ vallen (t.o.v. de mediaanwaarde), terwijl bij bodemlaag 3 slechts 1 (deel)steek volstaat.

3.2.4 Besluit groenteperceel 1

Uitgaande van het feit dat voor het gemiddeld nitraatgehalte in het bodemprofiel (0-90 cm) eenzelfde precisie ($\pm 20\%$ bij een betrouwbaarheidsinterval van 95%) als bij akkerlanden dient te bekomen worden en dat 15 monsternamepunten worden genomen in kruisverband, dient de bemonstering van bandbemeste groentepercelen geoptimaliseerd te worden. Loodrecht op de rijrichting van de bandbemesting moeten meerdere deelsteken/monsternamepunt genomen te worden om de korte afstandsvariabiliteit te reduceren en dit volgens het volgende patroon:

- Bodemlaag 1: 5 deelsteken/monsternamepunt (deelsteken om de 20 cm)
- Bodemlaag 2: 3 deelsteken/monsternamepunt (deelsteken om de 40 cm)
- Bodemlaag 3: 1 deelsteek/monsternamepunt (midden)

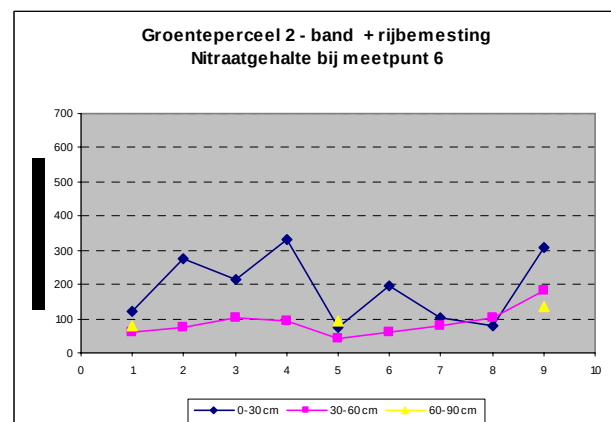
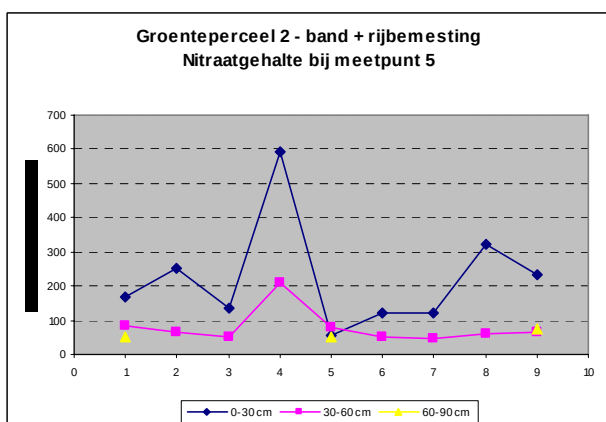
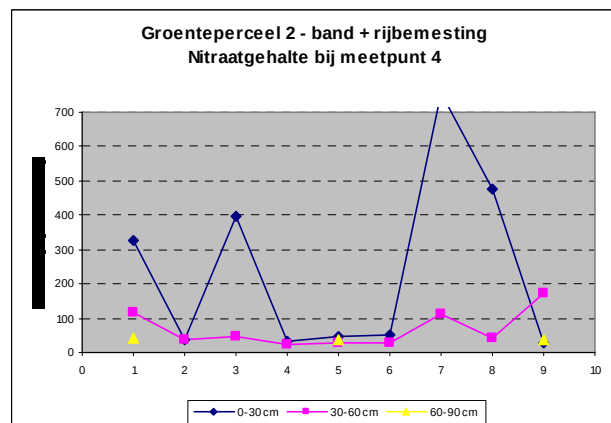
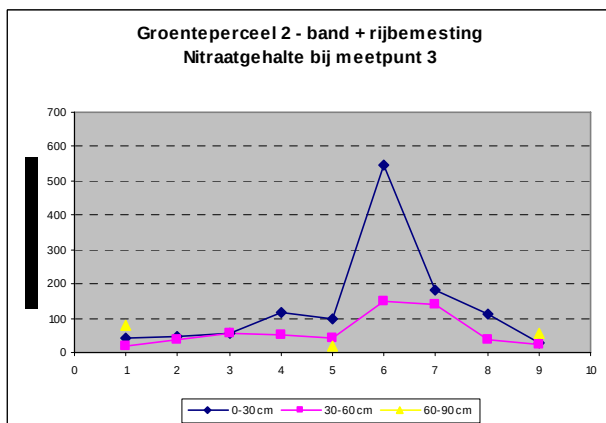
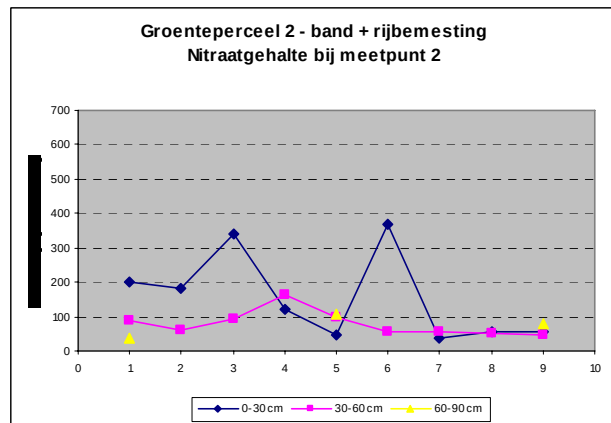
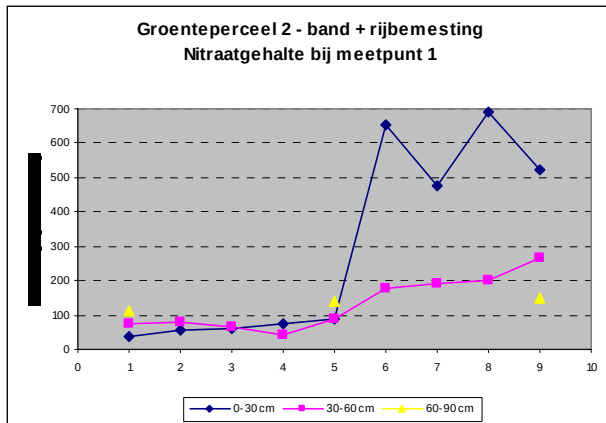
3.3 Resultaten 2^{de} groenteperceel

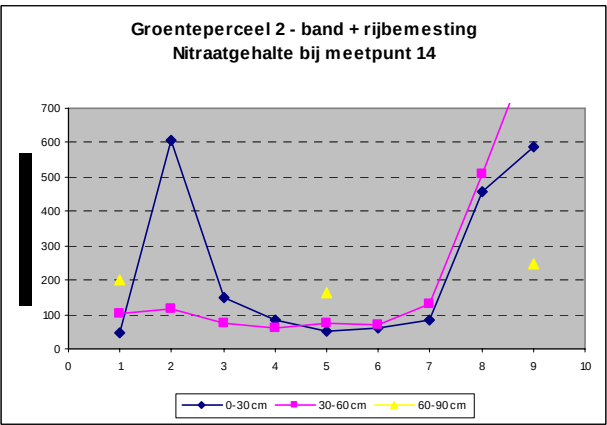
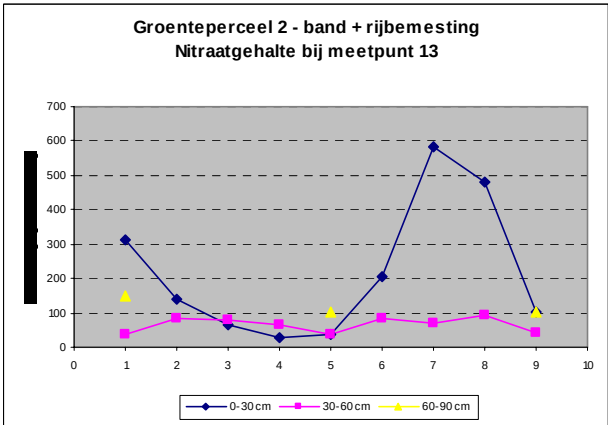
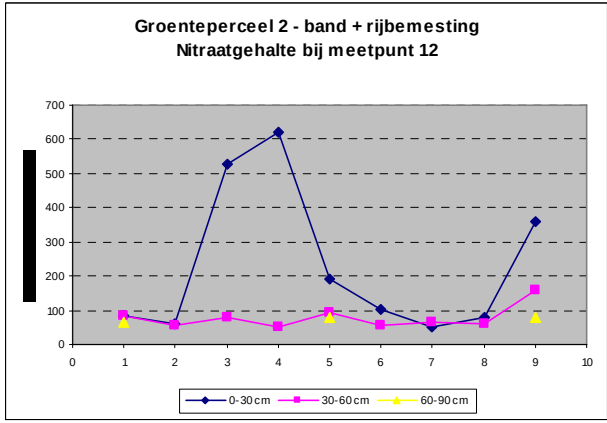
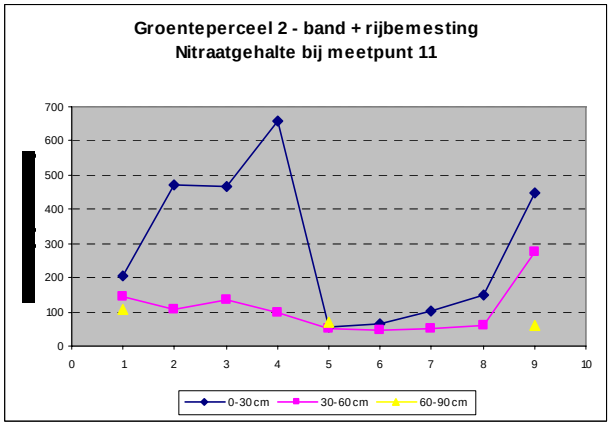
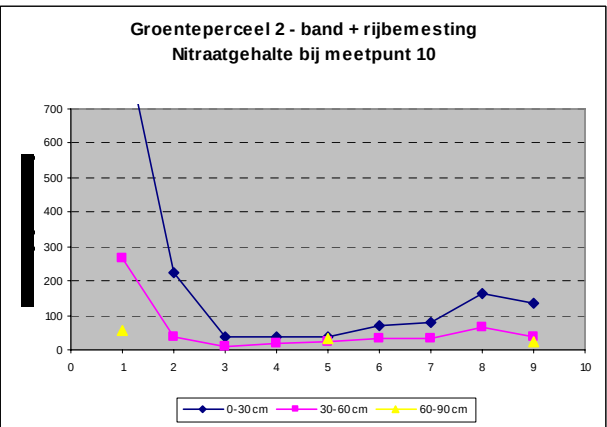
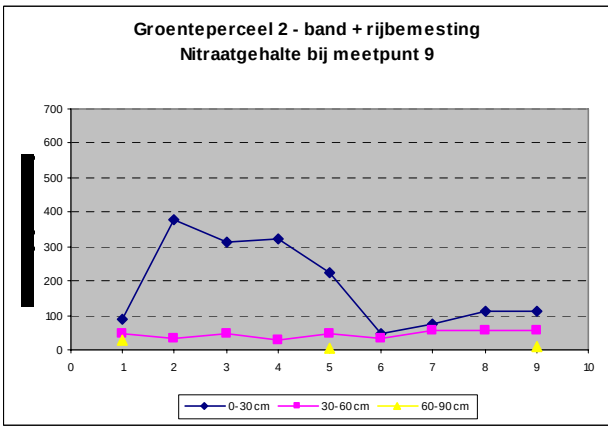
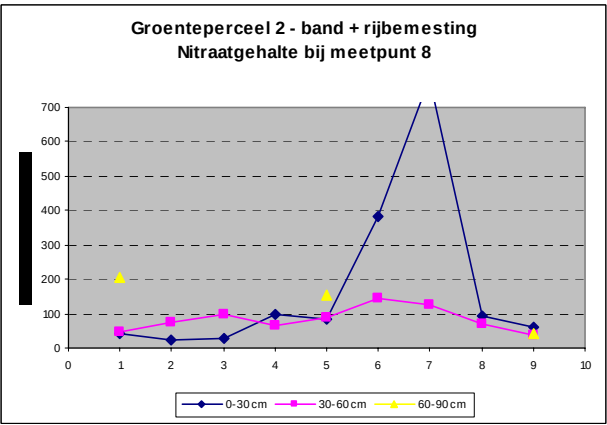
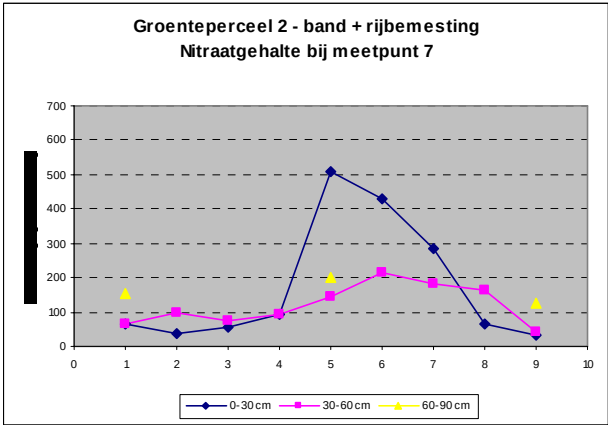
3.3.1 Nitraatverdeling per monsternamepunt voor groenteperceel 2

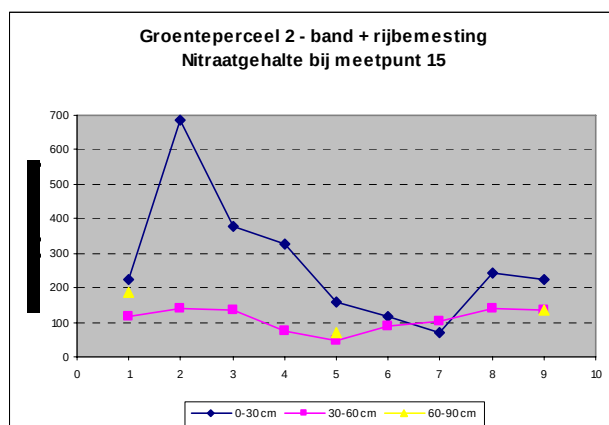
Analoog met groenteperceel 1 werd voor de 15 monsternamepunten de profielen weergegeven van het nitraatgehalte per bodemlaag (Figuur 14). Bodemlaag 1 wordt weergegeven in blauwe kleur, bodemlaag 2 in roze kleur en bodemlaag 3 in gele kleur. Uit deze verdelingen valt af te leiden dat door gebruik te maken van een band- in combinatie met rijbemesting het nitraatgehalte niet homogeen verdeeld is over het volledige veld. Hoge nitraatgehalten (op bemestingsstrook) wisselen af in een welbepaald patroon met lagere nitraatwaarden (tussen de bemesting). Bij de nitraatverdeling van dit 2^{de} perceel wordt regelmatig een breder profiel met hogere nitraatwaarden vastgesteld in vergelijking met het 1^{ste} groenteperceel, wat toe te schrijven is aan de combinatie van band- en rijbemesting. Hoge nitraatgehalten van meer dan 700 kg NO₃-N/ha werden gemeten, waardoor er bijgevolg grote verschillen kunnen optreden tussen bodemonsters gecollecteerd enerzijds op en anderzijds

tussen de bemestingsstrook. Door per monsternamepunt (en per bodemlaag) meerdere deelsteken te nemen zal een uitmiddeling verkregen worden van het nitraatgehalte voor elk monsternamepunt.

Uit de figuren kan afgeleid worden dat de verdeling van het nitraatgehalte in bodemlaag 1 en bodemlaag 2 voor eenzelfde meetpunt/monsternamepunt meestal een vergelijkbaar profiel heeft, enkel het nitraatgehalte in bodemlaag 2 is lager dan in bodemlaag 1. Het nitraatgehalte in bodemlaag 3 ligt veelal lager t.o.v. de bovenste laag.







Figuur 14 Profiel van het nitraatgehalte per monsternamepunt voor groenteperceel 2

3.3.2 Gemiddelde nitraatgehalten en variatiecoëfficiënten voor groenteperceel 2

Van de bekomen data werd het gemiddelde en de % variatiecoëfficiënt (=standaardafwijking/gemiddelde*100) i.e. veldvariabiliteit berekend.

Verskillende berekeningen werden uitgevoerd in functie van het aantal deelsteken. Voor een exacte beschrijving van de methodiek wordt verwezen naar paragraaf 3.1.3 op pagina 16.

In Tabel 6 is de verwerking weergegeven voor bodemlaag 1.

Tabel 6 Verwerking groenteperceel 2 – bodemlaag 0-30 cm

Nitraat in bodem (kg NO ₃ -N/ha) - bodemlaag 0 - 30 cm								
kg NO ₃ -N/ha		punt 1	punt 2	...	...	punt 14	punt 15	gemidd. veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1		37	199			46	225	193 117
Deelsteek 2		57	182			606	686	232 93
Deelsteek 3		62	343			148	380	215 81
Deelsteek 4		75	123			82	327	236 96
Deelsteek 5		90	47			52	159	117 105
Deelsteek 6		652	369			62	118	228 87
Deelsteek 7		476	38			83	69	252 104
Deelsteek 8		690	56			455	244	239 83
Deelsteek 9		521	54			586	222	215 88
Gemidd. Steek 1 tem 9		296	157			236	270	214 22
Gemidd. Steek 1+3+5+7+9		237	136			183	211	199 29
Gemidd. Steek 1+5+9		216	100			228	202	175 45

Opmerking: De individuele nitraatgehalten van punt 3 t.e.m. punt 13 zijn niet weergegeven in deze tabel. Echter werden deze waarden wel mee in rekening gebracht voor de statistische verwerking. Voor de weergave van de volledige dataset: zie bijlage 2.

Indien alle deelsteken in rekening worden gebracht voor de berekening van het nitraatgehalte, bedraagt het gemiddelde nitraatgehalte 214 kg NO₃-N/ha met een variatiecoëfficiënt van 22%. Selectie van 5 deelsteken/monsternamepunt voor de berekening van het nitraatgehalte resulteert in een gemiddelde waarde van 199 kg

NO₃-N/ha met een variatiecoëfficiënt van 29%. De verwerking uitgevoerd met 3 deelsteken/monsternamepunt resulteert in een gemiddelde nitraatwaarde van 175 kg NO₃-N/ha met een variatiecoëfficiënt van 45%. Het gemiddelde nitraatgehalte ligt binnen een afwijking van 20% tov de 'juiste' waarde, echter treedt er een verdubbeling van de veldvariabiliteit op.

Toepassing van de huidige methodiek i.e. 1 (deel)steek per monsternamepunt resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte variërend tussen 117 en 252 kg NO₃-N/ha (% CV tussen 81 en 117%), wat meer dan $\pm 20\%$ afwijkt van de 'juiste' waarde van 214 kg NO₃-N/ha en een beduidende verhoging van de veldvariabiliteit.

Uit deze resultaten kan men afleiden dat 5 deelsteken per monsternamepunt voor bodemlaag 1 leidt tot vergelijkbare resultaten met deze van de 'optimale' bemonstering i.e. 9 deelsteken per monsternamepunt.

In Tabel 7 zijn de berekeningen weergegeven voor bodemlaag 2. Indien voor de verschillende monsternamepunten telkens de resultaten van alle deelsteken wordt verwerkt, wordt een gemiddeld nitraatgehalte van 88 kg NO₃-N/ha bekomen met een % variatiecoëfficiënt van 32%.

Indien slechts 5 deelsteken (staalname om de 20 cm per monsternamepunt) wordt gebruikt voor de berekening van het gemiddelde nitraatgehalte, wordt eveneens een waarde van 88 kg NO₃-N/ha bekomen met 30 % CV.

Verdere reductie van het aantal deelsteken naar 3 (staalname om de 40 cm per monsternamepunt) resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte van 89 kg NO₃-N/ha en 40% CV.

Toepassing van de huidige methodiek i.e. 1 (deel)steek per monsternamepunt resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte variërend tussen 66 en 114 kg NO₃-N/ha (% CV tussen 43 en 104%), wat meer dan $\pm 20\%$ afwijkt van de 'juiste' waarde van 88 kg NO₃-N/ha met een beduidende verhoging van de veldvariabiliteit.

Deze resultaten bevestigen dat 3 deelsteken per monsternamepunt voor bodemlaag 2 nodig zijn om vergelijkbare resultaten met deze van de 'optimale' bemonstering i.e. 9 deelsteken per monsternamepunt te bekomen.

Tabel 7 Verwerking groenteperceel 2 – bodemlaag 30-60 cm

Nitraat in bodem (kg NO ₃ -N/ha) - bodemlaag 30 - 60 cm								
kg NO ₃ -N/ha		punt 1	punt 2	...	...	punt 14	punt 15	gemidd. veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1		73	89			103	118	91 65
Deelsteek 2		80	60			116	140	74 43
Deelsteek 3		67	94			74	134	77 44
Deelsteek 4		41	162			61	76	76 68
Deelsteek 5		91	98			73	48	66 50
Deelsteek 6		176	56			68	90	86 67
Deelsteek 7		190	55			131	101	96 52
Deelsteek 8		199	51			508	139	114 104
Deelsteek 9		264	44			897*	134	110 79
Gemidd. Steek 1 tem 9		131	79			142	109	88 32
Gemidd. Steek 1+3+5+7+9		137	76			96	107	88 30
Gemidd. Steek 1+5+9		143	77			88	100	89 40

*897 kg NO₃-N/ha: uitschieter, verwijderd voor de berekening van het gemiddelde en de variatiecoëfficiënt

Opmerking: De individuele nitraatgehalten van punt 3 t.e.m. punt 13 zijn niet weergegeven in deze tabel. Echter werden deze waarden wel mee in rekening gebracht voor de statistische verwerking. Voor de weergave van de volledige dataset: zie bijlage 2.

De verwerking van de resultaten voor bodemlaag 3 is weergegeven in Tabel 8. Het gemiddelde nitraatgehalte berekend uit de 3 deelsteken bedraagt 94 kg NO₃-N/ha en resulteert in een variatiecoëfficiënt van 55%. Toepassing van de huidige methodiek i.e.

1 (deel)steek per monsternamepunt resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte variërend tussen 88 en 104 kg NO₃-N/ha (% CV tussen 59 en 67%), wat binnen een afwijking van $\pm 20\%$ ligt van de 'juiste' waarde van 94 kg NO₃-N/ha.

Uit deze resultaten kan men afleiden dat 1 (deel)steek per monsternamepunt leidt tot vergelijkbare resultaten met deze van de 'optimale' bemonstering i.e. 3 deelsteken per monsternamepunt.

Tabel 8 Verwerking groenteperceel 2 – bodemlaag 60-90 cm

Nitraat in bodem (kg NO₃-N/ha) - bodemlaag 60 - 90 cm

kg NO ₃ -N/ha	punt 1	punt 2	...	...	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1	110	38			201	187	104	59
Deelsteek 5	139	109			162	70	88	65
Deelsteek 9	149	79			248	135	91	67
Gemidd. Steek 1+ 5+9	133	75			204	130	94	55

Opmerking: De individuele nitraatgehalten van punt 3 t.e.m. punt 13 zijn niet weergegeven in deze tabel. Echter werden deze waarden wel mee in rekening gebracht voor de statistische verwerking. Voor de weergave van de volledige dataset: zie bijlage 2.

Tenslotte werd voor groenteperceel 2 de verwerking uitgevoerd over de totale diepte van 0-90 cm. Het gemiddelde nitraatgehalte over het bodemprofiel 0-90 cm werd berekend gebruikmakend van alle resultaten i.e. uit de som van de gemiddelden per bodemlaag (zie § 3.1.3). Een gemiddeld nitraatgehalte van 396 kg NO₃-N/ha met een variatiecoëfficiënt van 26% werd bekomen, welke als 'referentiewaarden' werden gehanteerd voor de verdere evaluatie.

Zoals reeds werd aangegeven bij groenteperceel 1, kan uit de bovenstaande analyses afgeleid worden dat volgende bemonsteringsmethodiek, uitgevoerd op 15 monsternamepunten in kruisverband, representatief was voor het geheel:

- 5 deelsteken/ monsternamepunt voor bodemlaag 1;
- 3 deelsteken/ monsternamepunt voor bodemlaag 2;
- 1 steek/monsternamepunt voor bodemlaag 3.

Bijgevolg werd voor de berekening van het nitraatgehalten over de totale diepte van 0-90 cm de resultaten van deze deelsteken in rekening gebracht resulterend in een gemiddeld nitraatgehalte van 375 kg NO₃-N/ha en een, welke vergelijkbaar zijn met de 'referentiewaarden'.

Berekening van het gemiddelde nitraatgehalte over de volledige profiel diepte waarbij 3 deelsteken voor bodemlaag 1 en 2 worden genomen en 1 steek voor bodemlaag 3, resulteert in een gemiddelde nitraatwaarde van 352 kg NO₃-N/ha en een hogere variatiecoëfficiënt van 35%.

Het gemiddeld nitraatgehalte (0-90 cm) bepaald volgens de huidige methodiek i.e. 1 (deel)steek per monsternamepunt resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte van:

- 387 kg NO₃-N/ha (69% CV) voor de steek telkens genomen op positie 1;
- 271 kg NO₃-N/ha (66% CV) voor de steek telkens genomen op positie 5;
- 409 kg NO₃-N/ha (68% CV) voor de steek telkens genomen op positie 9;

wat resulteert in een verdubbeling van de variatiecoëfficiënt tov de 'referentiewaarde' en voor de monsters telkens genomen op positie 5 in een gemiddeld nitraatgehalte dat meer dan $\pm 20\%$ afwijkt van de 'juiste' waarde van 396 kg NO₃-N/ha.

Tabel 9 Verwerking groenteperceel 2 – bodemlaag 0-90 cm

Nitraat in bodem (kg NO ₃ -N/ha) - bodemlaag 0 - 90 cm								
	kg NO ₃ -N/ha	punt 1	punt 2	...	...	punt 14	punt 15	gemidd. veldvariabiliteit %RSD
Laag 1	Deelsteek 1	37	199			46	225	193 117
	Deelsteek 2	57	182			606	686	232 93
	Deelsteek 3	62	343			148	380	215 81
	Deelsteek 4	75	123			82	327	236 96
	Deelsteek 5	90	47			52	159	117 105
	Deelsteek 6	652	369			62	118	228 89
	Deelsteek 7	476	38			83	69	252 104
	Deelsteek 8	690	56			455	244	239 83
	Deelsteek 9	521	54			586	222	215 88
Laag 2	Deelsteek 1	73	89			103	118	91 65
	Deelsteek 2	80	60			116	140	74 43
	Deelsteek 3	67	94			74	134	77 44
	Deelsteek 4	41	162			61	76	76 68
	Deelsteek 5	91	98			73	48	66 50
	Deelsteek 6	176	56			68	90	86 67
	Deelsteek 7	190	55			131	101	96 52
	Deelsteek 8	199	51			508	139	114 104
	Deelsteek 9	264	44			897*	134	110 79
Laag 3	Deelsteek 1	110	38			201	187	104 59
	Deelsteek 5	139	109			162	70	88 65
	Deelsteek 9	149	79			248	135	91 67
Som	Alle deelsteken	560	311			581	509	396 26
Som	B1 - deelsteken 1+3+5+7+9 B2 - deelsteken 1+5+9 B3 - deelsteek 5	519	322			434	381	375 28
Som	B1- deelsteek 1+5+9 B2 - deelsteek 1+5+9 B3-deelsteek 5	498	286			479	372	352 35
Som	B1/B2/B3- deelsteek 1	221	327			350	529	387 69
	B1/B2/B3- deelsteek 5	320	254			288	277	271 66
	B1/B2/B3- deelsteek 9	934	177			834	491	409 68

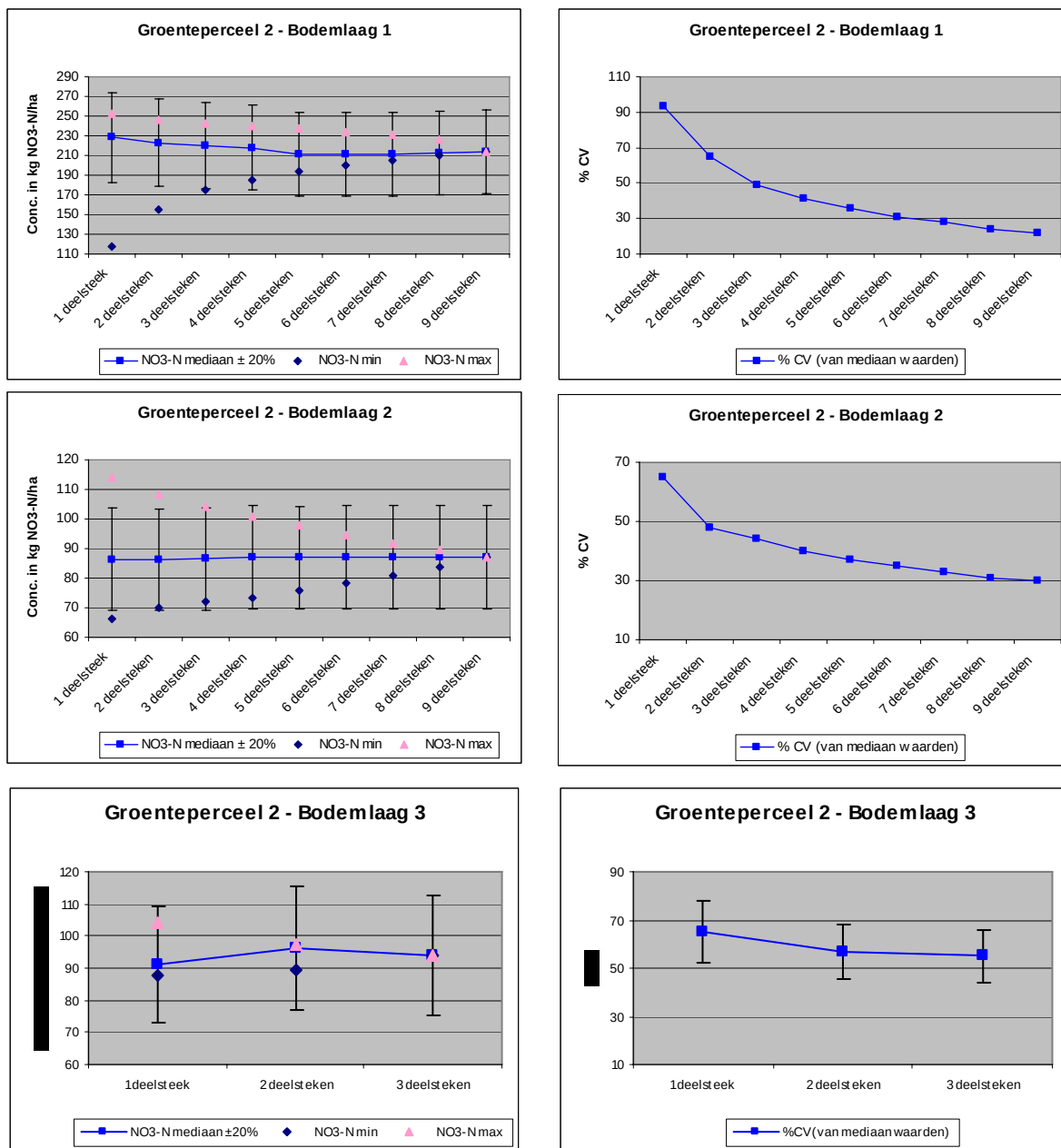
*897 kg NO₃-N/ha: uitschieter, verwijderd voor de berekening van het gemiddelde en de variatiecoëfficiënt

- Som(alle deelsteken)= som van [gemiddelde van alle deelsteken van bodemlaag 1 + gemiddelde van alle deelsteken van bodemlaag 2 + gemiddelde van alle deelsteken van bodemlaag 3]
- Som (B1-deelsteken 1+3+5+7+9, B2-deelsteken 1+5+9, B3-deelsteek 5)= som van [gemiddelde van deelsteken 1+3+5+7+9 van bodemlaag 1 + gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 2 + gemiddelde van deelsteek 5 van bodemlaag 3]
- Som (B1-deelsteken 1+5+9, B2-deelsteken 1+5+9, B3-deelsteek 5)= som van [gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 1 + gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 2 + gemiddelde van deelsteek 5 van bodemlaag 3]
- Som (B1/B2/B3-deelsteek x)= som van [deelsteek x van bodemlaag 1 + deelsteek x van bodemlaag 2 + deelsteek x van bodemlaag 3]

3.3.3 Nitraatgehalten en variatiecoëfficiënten in functie van aantal deelsteken voor groenteperceel 2

Bij de bodemlagen 1 en 2 werden per monsternamapunt 9 deelsteken genomen. Bij de berekening van het gemiddelde nitraatgehalte en %CV in functie van het aantal deelsteken kunnen bijgevolg verschillende combinaties geselecteerd worden. In Tabel 1 werd weergegeven hoeveel combinaties mogelijk zijn in functie van het aantal deelsteken. Uit alle combinaties van een welbepaald aantal deelsteken werd de mediaan waarde berekend, alsook minimum en maximum van de nitraatgehalten en %CV van de mediaanwaarden. Rekening houdend met een foutenvlag van 20% op de

mediaanwaarde van het nitraatgehalte, kan afgeleid worden hoeveel deelsteken per monsternamepunt minimaal nodig zijn om binnen deze precisie te vallen. Voor groenteperceel 2 zijn de resultaten weergegeven in Figuur 15.



Opmerking: 1 uitschieter verwijderd (bodemlaag 2, punt 14, deelsteek 9)

Figuur 15 Nitraatgehalten en % CV van groenteperceel 2 ifv het aantal deelsteken

Uit de grafiek valt af te leiden dat voor bodemlaag 1 (0-30 cm) 3 deelsteken/monsternamepunt nodig zijn opdat alle waarden binnen de precisie van $\pm 20\%$ vallen (t.o.v. de mediaanwaarde). Ook de %CV daalt exponentieel in functie van het aantal deelsteken. Echter bij 3 deelsteken (45% CV) is de veldvariabiliteit nog een factor 2 hoger dan bij een 'optimale' bemonstering (22% CV). Bij 5 deelsteken (29% CV) begint de veldvariabiliteit deze van een 'optimale' bemonstering te benaderen.

Bij bodemlaag 2 (30-60 cm) zijn eveneens 3 deelsteken/monsternamepunt nodig opdat alle waarden binnen de precisie van $\pm 20\%$ vallen (t.o.v. de mediaanwaarde), terwijl bij bodemlaag 3 slechts 1 (deel)steek volstaat.

3.3.4 Besluit groenteperceel 2

De resultaten bekomen op groenteperceel 2 (band- en rijbemesting gecombineerd) bevestigen de bevindingen die werden vastgesteld bij groenteperceel 1. Uitgaande van het feit dat voor het gemiddelde nitraatgehalte van het volledige bodemprofiel (0-90 cm) eenzelfde precisie ($\pm 20\%$ bij een betrouwbaarheidsinterval van 95%) als bij akkerlanden dient te bekomen worden en dat 15 monsternamepunten worden genomen in kruisverband, dient de bemonstering van band- en rijbemeste groentepercelen geoptimaliseerd te worden. Loodrecht op de rijrichting van de band- en rijbemesting moeten meerdere deelsteken/monsternamepunt genomen te worden om de korte afstandsvariabiliteit te reduceren en dit volgens het volgende patroon:

- Bodemlaag 1: 5 deelsteken/monsternamepunt (deelsteken om de 20 cm)
- Bodemlaag 2: 3 deelsteken/monsternamepunt (deelsteken om de 40 cm)
- Bodemlaag 3: 1 deelsteek/monsternamepunt (midden)

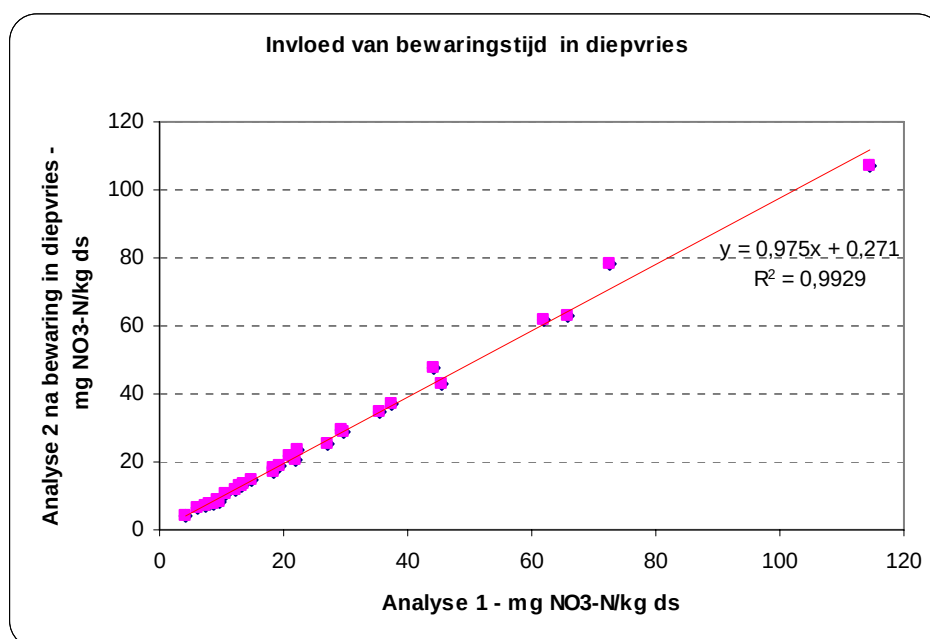
3.4 Invloed van bewaring in diepvries

Tijdens de bemonstering van bodemlaag 1 werd bij groenteperceel 1 en 2 een extra deelmonster genomen bij deelsteek 5. Dit monster werd in het laboratorium in 2 homogene deelmonsters verdeeld waarbij 1 deelmonster werd geanalyseerd met alle andere deelmonsters van het betreffende monsternamepunt (steeds na bewaring in diepvries). Het tweede deelmonster werd geanalyseerd nadat alle afzonderlijke nitraatbepalingen van groenteperceel 1 en 2 waren uitgevoerd. Bijgevolg verschillenden de bewaartijden tussen de duplo monsters gaande van enkele dagen tot 6 weken. In Tabel 10 en Figuur 16 zijn de nitraat analyseresultaten weergegeven van analyse 1 en analyse 2 met vermelding van de analysedatum.

Tabel 10 Invloed van de bewaringstijd in diepvries op het analyseresultaat

Datum Analyse 1	Datum Analyse 2	NO3-N gehalte Analyse 1 mg N /kg ds	NO3-N gehalte Analyse 2 mg N /kg ds	$(X_{i,1}-X_{i,2})/X_{\text{gem}}$
29/05/09	13/07/09	13,6	13,5	0,01
02/06/09	13/07/09	14,7	14,6	0,00
03/06/09	13/07/09	8,2	7,4	0,11
04/06/09	13/07/09	13,1	13,0	0,00
05/06/09	13/07/09	22,3	23,8	-0,07
09/06/09	13/07/09	29,6	29,1	0,02
10/06/09	13/07/09	9,3	8,9	0,04
11/06/09	13/07/09	4,1	4,1	0,02
12/06/09	13/07/09	6,2	6,3	-0,02
15/06/09	13/07/09	62,0	61,5	0,01
16/06/09	13/07/09	37,4	37,2	0,00
17/06/09	13/07/09	45,6	43,1	0,06
18/06/09	13/07/09	9,7	8,4	0,14
19/06/09	13/07/09	10,7	10,8	-0,01
22/06/09	13/07/09	35,6	34,5	0,03
23/06/09	14/07/09	27,0	25,6	0,05

Datum Analyse 1	Datum Analyse 2	NO3-N gehalte Analyse 1 mg N /kg ds	NO3-N gehalte Analyse 2 mg N /kg ds	$(X_{i,1}-X_{i,2})/X_{\text{gem}}$
24/06/09	14/07/09	8,6	7,8	0,10
25/06/09	14/07/09	22,0	20,7	0,06
26/06/09	14/07/09	29,3	29,2	0,00
29/06/09	14/07/09	7,4	7,2	0,02
30/06/09	14/07/09	65,9	62,9	0,05
01/07/09	14/07/09	115	107	0,07
01/07/09	14/07/09	44,2	47,7	-0,08
02/07/09	14/07/09	18,2	18,5	-0,01
03/07/09	14/07/09	20,8	21,7	-0,04
06/07/09	14/07/09	12,2	11,7	0,04
07/07/09	14/07/09	72,5	78,4	-0,08
08/07/09	14/07/09	18,5	17,1	0,08
09/07/09	14/07/09	19,2	18,6	0,03
10/07/09	14/07/09	13,3	13,0	0,02
		CV _R	4,0	%



Figuur 16 Invloed van bewaringstijd in diepvries op het analyseresultaat

De bekomen resultaten geven geen significante verschillen weer tussen de beide duplo metingen. De reproduceerbaarheidsvariatiecoëfficiënt CV_R van de 30 onafhankelijke duplo analyses bedraagt 4.0%, wat aansluit bij een normale intralaboratorium meetonzekerheid (Vanhoof *et al.*, 2009). De bekomen resultaten tonen aan dat de bewaring van de bodemonsters in de diepvries (minimaal tot 6 weken) niet resulteert in significante verschillen in het nitraat analyseresultaat.

3.5 Aanbevelingen bemonstering groentepercelen

Op basis van de bekomen nitraat analyseresultaten kan men afleiden dat voor het bekomen van eenzelfde precisie ($\pm 20\%$ met een betrouwbaarheidsinterval van 95%) als bij akkerlanden en uitgaande van 15 monsternamenpunten in kruisverband, de bemonstering van band- en rijbemeste groentepercelen dient geoptimaliseerd te worden. Loodrecht op de rijrichting van de band- of rijbemesting moeten meerdere deelsteken/monsternamenpunt genomen te worden om de korte afstandsvariabiliteit te reduceren en dit volgens het volgende patroon:

- Bodemlaag 1: 5 deelsteken/monsternamenpunt (deelsteken om de 20 cm)
- Bodemlaag 2: 3 deelsteken/monsternamenpunt (deelsteken om de 40 cm)
- Bodemlaag 3: 1 deelsteek/monsternamenpunt (midden)

Het implementeren van deze methodiek heeft wel een aantal significante gevolgen:

- het aantal staalnames per veld verhoogt van 45 naar 135 steken
- het aantal analyses per veld blijft vergelijkbaar met de huidige methodiek omdat enkel de mengmonsters per bodemlaag worden geanalyseerd (i.e. 3 analyses per veld)
- de hoeveelheid monster dat dient gecollecteerd te worden, verhoogt zeer sterk:
 - o Bodemlaag 1 (20 mm boor): van $\pm 1.5\text{L}$ ($\pm 2.2\text{ kg}$) naar $\pm 7.5\text{L}$ ($\pm 11\text{ kg}$)
 - o Bodemlaag 2 (13 mm boor): van $\pm 0.6\text{L}$ ($\pm 0.9\text{ kg}$) naar $\pm 1.8\text{L}$ ($\pm 2.7\text{ kg}$)
 - o Bodemlaag 3 (13 mm boor): geen wijziging $\pm 0.6\text{L}$ (0.9kg)

Uit praktisch oogpunt is vooral de significante verhoging van het aantal staalnames en de grote hoeveelheid monster van bodemlaag 1 een nadeel voor deze methodiek. Tijdens de bemonstering moet immers een grote hoeveelheid getransporteerd worden. Bij aankomst in het laboratorium dient het monster onmiddellijk gehomogeniseerd en gekwarteerd te worden vooraleer de analyse op het veldvochtige monster kan gestart worden of een deelmonster kan ingevroren worden.

Indien men opteert om uit praktisch oogpunt minder deelmonsters te nemen, moet men rekening houden met het feit dat de spreiding op het analyseresultaat zal toenemen.

HOOFDSTUK 4 BEMONSTERING EN ANALYSE – FASE 2

4.1 Bemonsteringsmethodiek

Op basis van de eerste resultaten voor de optimalisatie van de bemonstering van band- en rijbemeste groentepercelen, werd volgende methodiek weerhouden om te valideren:

- Analooq aan de akkerlanden zullen 15 monsternamepunten in kruisverband genomen worden.
- Bodemlaag 1 zal bemonsterd worden met een boor met binnendiameter van 20 mm en bodemlagen 2 en 3 zullen bemonsterd worden met een boor met binnendiameter van 13 mm.
- Loodrecht op de rijrichting van de band- of rijbemesting zullen i.f.v. de bodemlaag meerdere deelsteken/monsternamepunt genomen worden i.e. bodemlaag 1: 5 deelsteken/monsternamepunt (deelsteken om de 20 cm), bodemlaag 2: 3 deelsteken/monsternamepunt (deelsteken om de 40 cm) en bodemlaag 3: 1 deelsteek/monsternamepunt (midden). De deelsteken zullen verspreid worden over een afstand van 80 cm (maximale aanplantingsbreedte) waardoor steeds minstens 1 éénheid vervat zit in elk monsternamepunt.

Om de vooropgestelde bemonsteringsmethodiek te valideren werd een 3^{de} groenteperceel bemonsterd (rijbemesting). Het 3^{de} groenteperceel werd in duplo bemonsterd:

- Bij de 1^{ste} bemonstering werd enkel bodemlaag 1 bemonsterd, telkens 5 deelsteken per monsternamepunt, en 15 monsternamepunten in kruisverband. Bijgevolg dienden 75 monsternames te worden uitgevoerd en 75 nitraatanalysen.
- Bij de 2^{de} bemonstering werden de 3 bodemlagen bemonsterd:
 - o Bodemlaag 1: 5 deelsteken per monsternamepunt, mengmonster per punt werd aangemaakt en geanalyseerd
 - o Bodemlaag 2: 3 deelsteken per monsternamepunt, mengmonster per punt werd aangemaakt en geanalyseerd
 - o Bodemlaag 3: 1 steek en analyse per monsternamepuntTotaal: 135 monsternames en 45 analyses
De bemonstering werd uitgevoerd in kruisverband met 15 monsternamepunten. Het kruisverband had een ander patroon dan bij de 1^{ste} bemonstering.

4.2 Bemonstering en analyse van het 3^{de} groenteperceel

De bemonstering van het 3^{de} groenteperceel werd uitgevoerd op 9 september 2009 in Puurs met volgende kenmerken:

- afmeting perceel: L = 67 m, B = 15m
- teelt: bloemkolen
- rijbemesting $\pm$ 10 cm naast aanplanting
- rijbemesting werd uitgevoerd half juni tijdens het aanplanten

- dosering bemesting: 70 N-eenheden/ha

In Figuur 17 is een weergave gegeven van het bemonsterde groenteperceem met aanduiding van de verschillende monsternamepunten met lokatiestokken. In Figuur 18 wordt in detail de deelmonsters per monsternamepunt weergegeven.

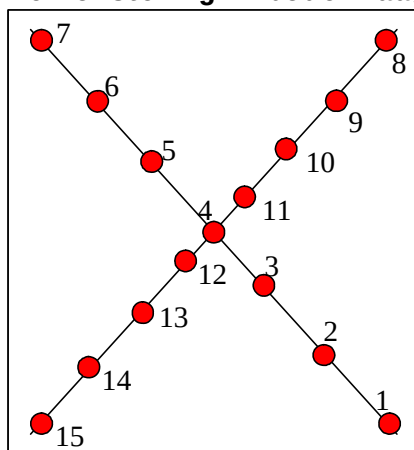


Figuur 17 Weergave van het bemonsterde groenteperceel (rijbemesting)

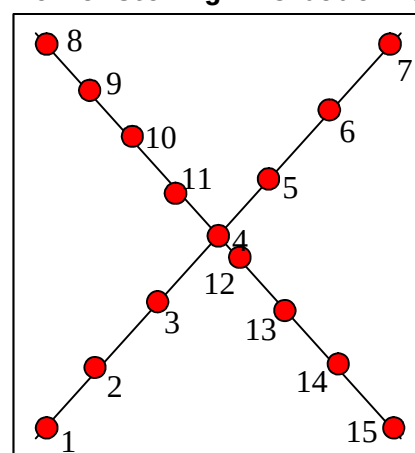


Figuur 18 Overzicht bemonsteringspunten met meetlat

Bemonstering 1: bodemlaag 1



Bemonstering 2: 3 bodemlagen



Figuur 19 Schema van de duplo bemonstering van groenteperceel 3

In Figuur 19 is het bemonsteringsschema weergegeven voor de duplo bemonstering van het 3^{de} groenteperceel. De posities van de 15 monsternamepunten zijn verschillend voor beide bemonsteringen. Per monsternamepunt wordt er loodrecht op de rijrichting van de rijbemesting deelsteken (i.f.v. de bodemlaag) genomen.

De monstervoorbehandeling en de analyse van de gecollecteerde bodemmonsters voor de bepaling van het nitraatgehalte wordt uitgevoerd zoals beschreven in paragraaf 2.3 op pagina 11. Alle bodemmonsters werden bij aankomst in het laboratorium ingevroren en in functie van de analyse overnacht ontdooid bij 4°C (zie Figuur 9).

Bij de berekening van het gehalte aan nitraat in kg NO₃-N/ha werd voor het 3^{de} groenteperceel volgende dichtheden in rekening gebracht:

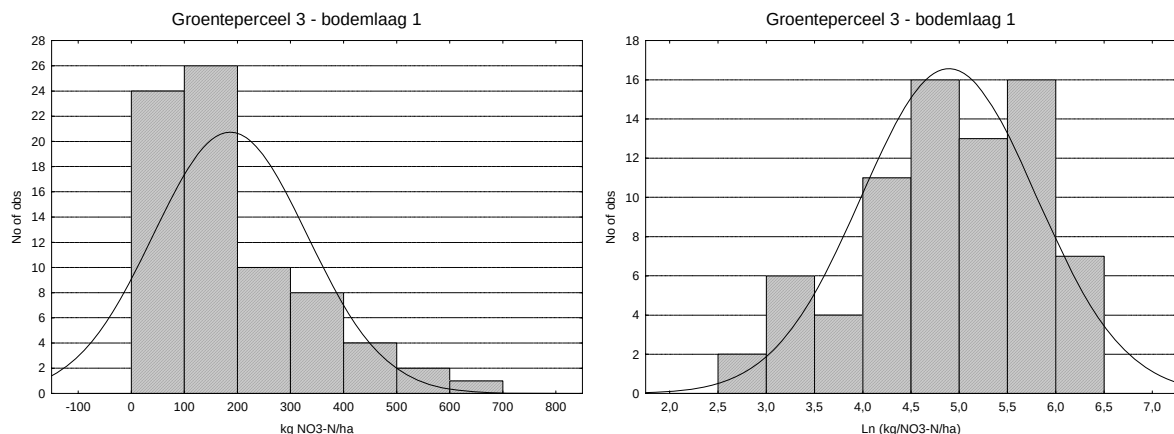
- bodemlaag 0 – 30 cm: 1250 kg/m³
- bodemlaag 30 – 60 cm: 1500 kg/m³
- bodemlaag 60 – 90 cm: 1500 kg/m³

HOOFDSTUK 5 RESULTATEN FASE 2

5.1 Verwerking resultaten

5.1.1 Normaliteits verdeling

Het histogram van de nitraatgehalten van de 1^{ste} bemonstering (bodemiaag 1) van groenteperceel 3 is weergegeven in Figuur 20. Vergelijkbaar met de voorgaande groentepercelen tonen de data een asymmetrische verdeling met een scheefheid aan de rechterzijde van de grafiek (linkse grafiek), toe te schrijven aan de meting van een aantal hogere nitraatwaarden. Na ln transformatie (rechtse grafiek) zijn de extreme waarden minder uitgesproken, niettegenstaande wordt er geen normaalverdeling bekomen.



Figuur 20 Histogram van de nitraatgehalten van bodemiaag 1- groenteperceel3 - vóór (links) en na ln transformatie (rechts)

5.1.2 Gemiddelde nitraatgehalten en variatiecoëfficiënten van groenteperceel 3

Bij de 1^{ste} bemonstering van het 3^{de} groenteperceel werden nitraatgehalten bekomen van alle afzonderlijke deelsteken van bodemiaag 1. Per monsternamepunt werd het gemiddelde nitraatgehalte berekend van de 5 deelsteken (Tabel 11). Het gemiddelde nitraatgehalte over de 15 monsternamepunten heen bedraagt 185 kg NO₃-N/ha met een variatiecoëfficiënt van 50%. Reductie naar 3 deelsteken per monsternamepunt resulteert in een gemiddeld nitraatgehalte van 181 kg NO₃-N/ha met een variatiecoëfficiënt van 54%. Reductie van het aantal deelsteken resulteert steeds in een verhoging van de variatiecoëfficiënt. Dit wordt bevestigd met de resultaten van de

bemonstering van bodemlaag 1 indien slechts 1 deelsteek wordt verwerkt. Gemiddelde nitraatresultaten van 169 tot 197 kg NO₃-N/ha, met een %CV tussen 73% en 84%, worden bekomen.

Tabel 11 Verwerking groenteperceel 3

RESULTATEN BEMONSTERING van bodemlaag 1

Nitraat in bodem (kg NO₃-N/ha) - bodemlaag 0 - 30 cm

kg NO ₃ -N/ha	punt 1	punt 2	...	...	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1	69	155			28	16	169	82
Deelsteek 3	110	232			22	17	189	84
Deelsteek 5	69	651			65	36	197	84
Deelsteek 7	42	447			23	198	191	73
Deelsteek 9	73	129			26	23	178	76
Gemidd. Steek 1+3+5+7+9	72	323			33	58	185	50
Gemidd. Steek 1+5+9	70	312			40	25	181	54

RESULTATEN HERBEMONSTERING van 3 bodemlagen

0-30 cm	5 deelsteken	34	179			216	85	167	37
30-60 cm	3 deelsteken	28	158			151	144	156	43
60-90 cm	1 deelsteek	3,7	67			37	112	47	72
0-90 cm		66	404			404	341	370	35

Opmerking: De individuele nitraatgehalten van punt 3 t.e.m. punt 13 zijn niet weergegeven in deze tabel. Echter werden deze waarden wel mee in rekening gebracht voor de statistische verwerking. Voor de weergave van de volledige dataset: zie bijlage 3.

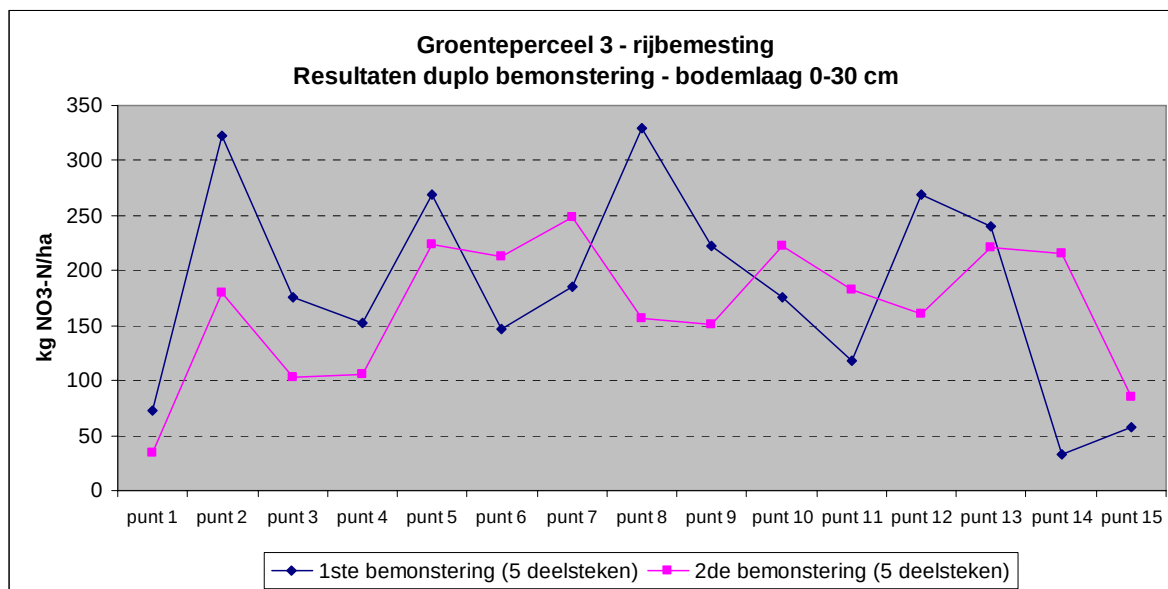
Bij de duplo bemonstering van het 3^{de} groenteperceel werden de 3 bodemlagen bemonsterd en analyses werden uitgevoerd op de mengmonsters per monsternamepunt (per bodemlaag).

Het gemiddelde nitraatgehalte van bodemlaag 1 bedraagt 167 kg NO₃-N/ha met een variatiecoëfficiënt van 37%. Toetsing van deze waarde t.o.v. de eerste meetwaarde van 185 kg NO₃-N/ha, geeft aan dat de meetspreiding binnen $\pm 20\%$ is gelegen, bij deze duplobemonstering zelfs binnen $\pm 10\%$. In Figuur 21 zijn de nitraatresultaten per monsternamepunt van de duplo bemonstering grafisch weergegeven.

Bij de bemonstering van bodemlaag 2 waarbij mengmonsters van 3 deelsteken per monsternamepunt werden aangemaakt, wordt een gemiddeld nitraatgehalte van 156 kg NO₃-N/ha met een variatiecoëfficiënt van 43% bekomen. Het gemiddeld nitraatgehalte van bodemlaag 3 bedraagt 47 kg NO₃-N/ha met een variatiecoëfficiënt van 72%.

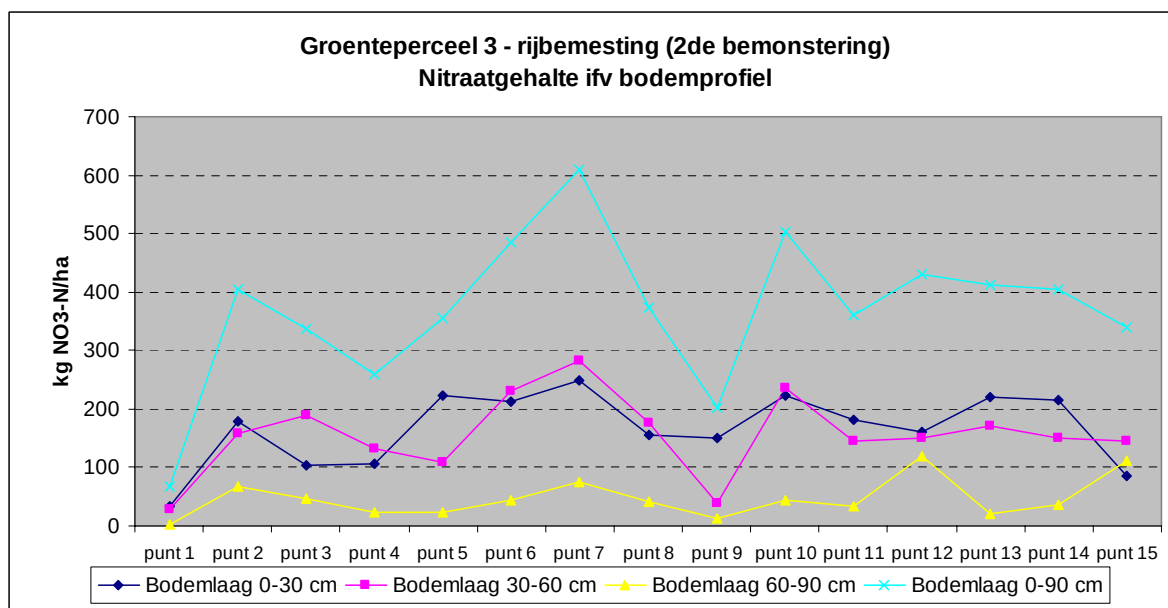
Het gemiddelde nitraatgehalte over de volledige profieldiepte (0-90 cm) bedraagt 370 kg NO₃-N/ha en heeft een variatiecoëfficiënt van 35%. Deze resultaten tonen aan dat de vooropgestelde methodiek voor de bemonstering van band- en rijbemeste groentepercelen toelaat om voor de bepaling van het nitraatgehalte, uitgaande van 15 monsternamepunten in kruisverband, eenzelfde precisie ($\pm 20\%$ met een betrouwbaarheidsinterval van 95%) als bij akkerlanden te bekomen.

In Figuur 22 zijn de nitraatgehalten in functie van het bodemprofiel grafisch weergegeven voor groenteperceel 3.



Opm. Punt 1 t.e.m. 15 van bemonstering 1 en 2 zijn niet op eenzelfde positie genomen

Figuur 21 Nitraatgehalten van de duplo bemonstering



Figuur 22 Nitraatgehalten in functie van het bodemprofiel

5.1.3 Besluit bemonstering groenteperceel 3

De validatie van de vooropgestelde bemonsteringsmethodiek werd uitgevoerd op een 3^{de} groenteperceel met rijbemesting. De resultaten bevestigen dat de vooropgestelde bemonsteringsmethodiek kan toegepast worden voor het bekomen van eenzelfde precisie ($\pm 20\%$ met een betrouwbaarheidsinterval van 95%) van de nitraatresultaten als bij akkerlanden, uitgaande van 15 monsternamenpunten in kruisverband.

De bemonsteringsmethodiek kan als volgt worden samengevat: Loodrecht op de rijrichting van de band- of rijbemesting worden meerdere deelsteken/monsternamepunt genomen om de korte afstandsvariabiliteit te reduceren en dit volgens het volgende patroon:

- Bodemlaag 1: 5 deelsteken/monsternamepunt (deelsteken om de 20 cm)
- Bodemlaag 2: 3 deelsteken/monsternamepunt (deelsteken om de 40 cm)
- Bodemlaag 3: 1 deelsteek/monsternamepunt (midden)

Deze bemonsteringsmethodiek is van toepassing bij groentepercelen waarbij band- en/of rijbemesting werd uitgevoerd en waar nog geen grondbewerking heeft plaatsgevonden.

HOOFDSTUK 6 BESLUIT

Bij groentepercelen waar gebruik gemaakt wordt van rij- of bandbemesting is de ruimtelijke variabiliteit van de nitraatconcentratie verschillend ten overstaan van deze van de akkerbouw waar breedwerpig wordt bemest. Bij rij- of bandbemesting wordt een bijkomende ruimtelijke variabiliteit geïntroduceerd waarbij een verhoogde nitraatconcentratie in de bemeste zone (grootte-orde 1 à 20 cm) versus de niet bemeste zone (grootte-orde 30 à 80 cm) wordt verwacht. In dit onderzoeksproject werd bij dit type percelen de ruimtelijke variabiliteit in kaart gebracht en werd de bemonsteringsmethodiek geoptimaliseerd om dezelfde graad van precisie van 20% (95% betrouwbaarheid) te bekomen voor het gemiddeld nitraatgehalte in het bodemprofiel (0-90cm), gebruikmakend van 15 monsternamepunten geselecteerd in kruisverband, overeenkomstig de aanbevelingen van N-(eco)² studie.

Op basis van de bekomen nitraat analyseresultaten kan men afleiden dat voor het bekomen van eenzelfde precisie ($\pm 20\%$ met 95% betrouwbaarheid) als bij akkerlanden en uitgaande van 15 monsternamepunten in kruisverband, de bemonstering van band- en rijbemeste groentepercelen als volgt dient geoptimaliseerd te worden. Loodrecht op de rijrichting van de band- of rijbemesting moeten meerdere deelsteken/ per monsternamepunt genomen te worden om de korte afstandsvariabiliteit te reduceren en dit volgens het volgende patroon:

- Bodemlaag 1: 5 deelsteken/monsternamepunt (deelsteken om de 20 cm)
- Bodemlaag 2: 3 deelsteken/monsternamepunt (deelsteken om de 40 cm)
- Bodemlaag 3: 1 deelsteek/monsternamepunt (midden)

Het implementeren van deze methodiek heeft wel een aantal significante gevolgen:

- het aantal staalnames per veld verhoogt van 45 naar 135 steken
- het aantal analyses per veld blijft vergelijkbaar met de huidige methodiek omdat enkel de mengmonsters per bodemlaag worden geanalyseerd (i.e. 3 analyses per veld)
- de hoeveelheid monster dat dient gecollecteerd te worden, verhoogt zeer sterk:
 - o Bodemlaag 1 (20 mm boor): van $\pm 1.5L$ (± 2.2 kg) naar $\pm 7.5L$ (± 11 kg)
 - o Bodemlaag 2 (13 mm boor): van $\pm 0.6L$ (± 0.9 kg) naar $\pm 1.8L$ (± 2.7 kg)
 - o Bodemlaag 3 (13 mm boor): geen wijziging $\pm 0.6L$ (0.9kg)

Uit praktisch oogpunt is de significante verhoging van het aantal staalnames en vooral de grote hoeveelheid monster van bodemlaag 1 een nadeel voor deze methodiek. Tijdens de bemonstering moet immers een grote hoeveelheid getransporteerd worden. Bij aankomst in het laboratorium dient het monster onmiddellijk gehomogeniseerd en gekwarteerd te worden vooraleer de analyse op het veldvochtige monster kan gestart worden of een deelmonster kan ingevroren worden.

Indien men opteert om uit praktisch oogpunt minder deelmonsters te nemen, moet men rekening houden met het feit dat de spreiding op het analyseresultaat zal toenemen. Bij toepassing van de bestaande bemonsteringsmethode werd een verdubbeling van de variatiecoëfficiënt vastgesteld.

LITERATUURLIJST

- N-(eco)² studie: *Bepaling van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem als beleidsinstrument* (besteknr 2000/1), Eindrapport Deel 3: Bemonstering en controle, aangeboden door het consortium bestaande uit Bodemkundige Dienst van België, Instituut voor Land- en Waterbeheer (K.U. Leuven), Laboratorium voor Bodemvruchtbaarheid en -biologie (K.U. Leuven), Bodemkunde en fertiliteit (R.U. Gent) en SADL (K.U. Leuven), in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij.
- *Bemonsterings- en analysemethodes voor mest, bodem en veevoeder in het kader van het mestdecreet*, <http://www.emis.vito.be/index.cfm?PageID=439>.
- N. Dalgliesh and M. Foale, *SOIL MATTERS Monitoring soil water and nutrients in dryland farming*, ISBN 0643063757, Cranbrook Press, Toowoomba, Australia, 2005.
- C. Vanhoof, W. Wouters, K. Tirez, *Blinde controles: bepaling van nitraat in bodem*, Vito rapport 2009/MANT/R/021 - mei 2009.
- M. Van Meirvenne, K. Maes en G. Hofman, *Three-dimensional variability of soil-nitrogen in an agricultural field*, *Biol. Fertil. Soils*, 2003, 37, 147-153.
- Zebarth B.J., Younie M.F., Paul J.W., Hall J.W. and Telford G.A., *Fertilizer banding influence on spatial and temporal distribution of soil inorganic nitrogen in a corn field*, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1999, 63, 1924-1933.
- Zebarth B.J., Dean D.M., Kowalenko C.G., Paul J.W., Chipperfield K., *Spatial and temporal variation in soil inorganic N concentration, and soil test P and K, in red raspberry fields and implications for soil sampling strategies*, *Can.J.Soil Sci.*, 2002, 82, 355-364.

Bijlage 1: Resultaten 1^{ste} groenteperceel – bodemlaag 0 - 30 cm, 30 – 60cm, 60 – 90 cm en 0 – 90 cm**GROENTEPERCEEL 1 - BANDBEMESTING****Nitraat in bodem (kg NO₃-N/ha) - bodemlaag 0 - 30 cm**

kg NO ₃ -N/ha	punt 1	punt 2	punt 3	punt 4	punt 5	punt 6	punt 7	punt 8	punt 9	punt 10	punt 11	punt 12	punt 13	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1	388	38	316	38	47	46	190	64	125	68	45	20	526	132	18	137	112
Deelsteek 2	289	12	150	44	190	20	91	15	46	35	55	23	101	84	15	78	101
Deelsteek 3	91	140	33	175	142	296	14	34	24	36	85	63	88	31	20	85	91
Deelsteek 4	53	176	44	156	39	162	16	15	30	41	404	62	98	56	22	92	111
Deelsteek 5	52	50	85	83	30	54	20	12	22	102	88	82	27	35	38	52	56
Deelsteek 6	56	54	231	52	47	31	30	41	97	254	32	36	146	82	55	83	87
Deelsteek 7	151	81	243	41	21	38	179	94	140	95	46	32	218	378	24	119	85
Deelsteek 8	121	40	345	25	26	39	200	77	50	58	75	25	85	150	22	89	98
Deelsteek 9	181	15	50	110	64	31	67	40	32	88	25	42	37	73	32	59	72
Gemidd. Steek 1 tem 9	154	67	166	80	67	80	89	44	63	86	95	43	147	114	27	88	47
Gemidd. Steek 1+3+5+7+9	173	65	145	89	61	93	94	49	68	78	58	48	179	130	26	90	51
Gemidd. Steek 1+5+9	207	34	151	77	47	44	92	39	60	86	53	48	197	80	29	83	69

GROENTEPERCEEL 1 - BANDBEMESTING**Nitraat in bodem (kg NO₃-N/ha) - bodemlaag 30 - 60 cm**

kg NO ₃ -N/ha	punt 1	punt 2	punt 3	punt 4	punt 5	punt 6	punt 7	punt 8	punt 9	punt 10	punt 11	punt 12	punt 13	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1	184	46	47	40	109	16	65	27	155	41	30	36	61	31	67	64	77
Deelsteek 2	226	21	99	39	40	20	22	23	18	50	23	113	60	32	53	56	99
Deelsteek 3	87	30	32	95	33	60	26	41	21	32	28	28	40	30	54	42	52
Deelsteek 4	45	43	34	149	20	72	23	16	32	28	47	108	41	35	22	48	76
Deelsteek 5	43	52	50	142	21	35	28	17	34	121	90	27	30	35	20	50	76
Deelsteek 6	40	28	38	37	22	34	27	24	21	66	31	35	32	30	23	33	34
Deelsteek 7	68	31	65	35	21	76	64	10	40	77	21	113	67	47	28	51	55
Deelsteek 8	74	36	75	33	35	35	98	22	32	32	44	30	31	50	37	44	48
Deelsteek 9	52	28	69	56	54	29	44	31	28	59	36	29	31	67	22	42	37
Gemidd. Steek 1 tem 9	91	35	57	70	39	42	44	23	42	56	39	58	44	40	36	48	34
Gemidd. Steek 1+3+5+7+9	87	37	53	74	48	43	46	25	56	66	41	47	46	42	38	50	31
Gemidd. Steek 1+5+9	93	42	56	80	61	27	46	25	73	74	52	30	41	44	37	52	39

GROENTEPERCEEL 1 - BANDBEMESTING**Nitraat in bodem (kg NO₃-N/ha) - bodemlaag 60 - 90 cm**

kg NO ₃ -N/ha	punt 1	punt 2	punt 3	punt 4	punt 5	punt 6	punt 7	punt 8	punt 9	punt 10	punt 11	punt 12	punt 13	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1	22	24	26	59	24	31	14	17	22	19	10	18	51	44	18	27	52
Deelsteek 5	30	20	35	32	48	56	31	12	50	26	16	18	45	47	15	32	45
Deelsteek 9	54	21	64	30	31	23	48	11	22	13	18	18	37	70	12	32	61
Gemidd. Steek 1+ 5+9	35	22	42	41	35	37	31	13	31	19	15	18	44	54	15	30	41

GROENTEPERCEEL 1 - BANDBEMESTING
Nitraat in bodem (kg NO₃-N/ha) - bodemlaag 0 - 90 cm

kg NO ₃ -N/ha		punt 1	punt 2	punt 3	punt 4	punt 5	punt 6	punt 7	punt 8	punt 9	punt 10	punt 11	punt 12	punt 13	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit % CV
Laag 1	Deelsteek 1	388	38	316	38	47	46	190	64	125	68	45	20	526	132	18	137	112
	Deelsteek 2	289	12	150	44	190	20	91	15	46	35	55	23	101	84	15	78	101
	Deelsteek 3	91	140	33	175	142	296	14	34	24	36	85	63	88	31	20	85	91
	Deelsteek 4	53	176	44	156	39	162	16	15	30	41	404	62	98	56	22	92	111
	Deelsteek 5	52	50	85	83	30	54	20	12	22	102	88	82	27	35	38	52	56
	Deelsteek 6	56	54	231	52	47	31	30	41	97	254	32	36	146	82	55	83	89
	Deelsteek 7	151	81	243	41	21	38	179	94	140	95	46	32	218	378	24	119	85
	Deelsteek 8	121	40	345	25	26	39	200	77	50	58	75	25	85	150	22	89	98
	Deelsteek 9	181	15	50	110	64	31	67	40	32	88	25	42	37	73	32	59	72
Laag 2	Deelsteek 1	184	46	47	40	109	16	65	27	155	41	30	36	61	31	67	64	77
	Deelsteek 2	226	21	99	39	40	20	22	23	18	50	23	113	60	32	53	56	99
	Deelsteek 3	87	30	32	95	33	60	26	41	21	32	28	28	40	30	54	42	52
	Deelsteek 4	45	43	34	149	20	72	23	16	32	28	47	108	41	35	22	48	76
	Deelsteek 5	43	52	50	142	21	35	28	17	34	121	90	27	30	35	20	50	76
	Deelsteek 6	40	28	38	37	22	34	27	24	21	66	31	35	32	30	23	33	34
	Deelsteek 7	68	31	65	35	21	76	64	10	40	77	21	113	67	47	28	51	55
	Deelsteek 8	74	36	75	33	35	35	98	22	32	32	44	30	31	50	37	44	48
	Deelsteek 9	52	28	69	56	54	29	44	31	28	59	36	29	31	67	22	42	37
Laag 3	Deelsteek 1	22	24	26	59	24	31	14	17	22	19	10	18	51	44	18	27	52
	Deelsteek 5	30	20	35	32	48	56	31	12	50	26	16	18	45	47	15	32	45
	Deelsteek 9	54	21	64	30	31	23	48	11	22	13	18	18	37	70	12	32	61
Som	Alle deelsteken	280	124	265	191	142	158	165	80	137	161	148	119	235	207	78	166	36
Som	B1 - deelsteken 1+3+5+7+9 B2 - deelsteken 1+5+9 B3 - deelsteek 5	295	127	236	202	170	176	170	85	191	177	126	97	265	221	78	174	37
Som	B1- deelsteek 1+5+9 B2 - deelsteek 1+5+9 B3-deelsteek 5	329	97	241	189	156	126	168	75	182	186	121	97	282	171	81	167	44
Som	B1/B2/B3- deelsteek 1	594	109	389	138	180	94	269	108	302	128	85	74	638	206	103	228	80
	B1/B2/B3- deelsteek 5	124	122	171	258	100	145	78	41	106	249	194	127	101	117	73	134	46
	B1/B2/B3- deelsteek 9	287	64	184	197	149	84	160	81	83	160	79	88	105	210	66	133	49

Som(alles deelsteken)= som van [gemiddelde van alle deelsteken van bodemlaag 1 + gemiddelde van alle deelsteken van bodemlaag 2 + gemiddelde van alle deelsteken van bodemlaag 3]

Som (B1-deelsteken 1+3+5+7+9, B2-deelsteken 1+5+9, B3-deelsteek 5)= som van [gemiddelde van deelsteken 1+3+5+7+9 van bodemlaag 1 + gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 2 + gemiddelde van deelsteek 5 van bodemlaag 3]

Som (B1-deelsteken 1+5+9, B2-deelsteken 1+5+9, B3-deelsteek 5)= som van [gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 1 + gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 2 + gemiddelde van deelsteek 5 van bodemlaag 3]

Som (B1/B2/B3-deelsteek x)= som van [deelsteek x van bodemlaag 1 + deelsteek x van bodemlaag 2 + deelsteek x van bodemlaag 3]

Bijlage 2: Resultaten 2^{de} groenteperceel – bodemlaag 0 - 30 cm, 30 – 60cm, 60 – 90 cm en 0 – 90 cm**GROENTEPERCEEL 2 - BANDBEMESTING met RIJBEMESTING****Nitraat in bodem (kg NO₃-N/ha) - bodemlaag 0 - 30 cm**

kg NO ₃ -N/ha	punt 1	punt 2	punt 3	punt 4	punt 5	punt 6	punt 7	punt 8	punt 9	punt 10	punt 11	punt 12	punt 13	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1	37	199	40	328	166	120	67	43	89	931	205	84	311	46	225	193	117
Deelsteek 2	57	182	47	40	252	276	36	25	379	222	470	59	138	606	686	232	93
Deelsteek 3	62	343	57	396	137	213	55	26	311	35	469	529	66	148	380	215	81
Deelsteek 4	75	123	116	31	592	333	95	100	324	36	657	622	30	82	327	236	96
Deelsteek 5	90	47	98	47	55	75	509	84	222	36	54	190	37	52	159	117	105
Deelsteek 6	652	369	545	53	123	197	428	385	48	71	65	103	205	62	118	228	87
Deelsteek 7	476	38	180	755	120	104	285	783	76	78	100	53	583	83	69	252	104
Deelsteek 8	690	56	111	475	323	81	65	94	112	165	152	79	482	455	244	239	83
Deelsteek 9	521	54	26	26	234	310	35	62	112	137	448	358	101	586	222	215	88
Gemidd. Steek 1 tem 9	296	157	135	239	222	190	175	178	186	190	291	231	217	236	270	214	22
Gemidd. Steek 1+3+5+7+9	237	136	80	310	142	164	190	199	162	243	255	243	220	183	211	199	29
Gemidd. Steek 1+5+9	216	100	55	134	152	168	203	63	141	368	236	211	150	228	202	175	45

GROENTEPERCEEL 2 - BANDBEMESTING met RIJBEMESTING**Nitraat in bodem (kg NO₃-N/ha) - bodemlaag 30 - 60 cm**

kg NO ₃ -N/ha	punt 1	punt 2	punt 3	punt 4	punt 5	punt 6	punt 7	punt 8	punt 9	punt 10	punt 11	punt 12	punt 13	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1	73	89	21	119	86	62	65	47	48	265	143	82	37	103	118	91	65
Deelsteek 2	80	60	38	37	66	76	98	76	32	37	105	58	85	116	140	74	43
Deelsteek 3	67	94	57	47	53	101	75	100	45	9	137	80	81	74	134	77	44
Deelsteek 4	41	162	53	22	212	92	93	63	30	20	98	52	67	61	76	76	68
Deelsteek 5	91	98	42	29	78	43	145	87	49	23	53	94	38	73	48	66	50
Deelsteek 6	176	56	150	29	49	61	217	143	33	33	47	57	86	68	90	86	67
Deelsteek 7	190	55	138	110	47	80	183	127	57	31	50	64	72	131	101	96	52
Deelsteek 8	199	51	37	43	59	101	165	70	56	64	62	63	93	508	139	114	104
Deelsteek 9	264	44	25	173	68	182	41	39	58	38	274	160	44	897*	134	110	79
Gemidd. Steek 1 tem 9	131	79	62	68	80	89	120	84	45	58	108	79	67	142	109	88	32
Gemidd. Steek 1+3+5+7+9	137	76	56	96	66	94	102	80	51	73	132	96	55	96	107	88	30
Gemidd. Steek 1+5+9	143	77	29	107	77	96	84	58	52	109	157	112	40	88	100	89	40

GROENTEPERCEEL 2 - BANDBEMESTING met RIJBEMESTING**Nitraat in bodem (kg NO₃-N/ha) - bodemlaag 60 - 90 cm**

kg NO ₃ -N/ha	punt 1	punt 2	punt 3	punt 4	punt 5	punt 6	punt 7	punt 8	punt 9	punt 10	punt 11	punt 12	punt 13	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1	110	38	80	42	53	79	155	206	28	56	107	65	151	201	187	104	59
Deelsteek 5	139	109	17	40	50	92	202	155	4	31	70	79	104	162	70	88	65
Deelsteek 9	149	79	55	38	74	136	125	44	10	25	59	79	104	248	135	91	67
Gemidd. Steek 1+ 5+9	133	75	51	40	59	102	160	135	14	37	79	74	120	204	130	94	55

GROENTEPERCEEL 2 - BANDBEMESTING met RIJBEMESTING
Nitraat in bodem (kg NO₃-N/ha) - bodemlaag 0 - 90 cm

	kg NO ₃ -N/ha	punt 1	punt 2	punt 3	punt 4	punt 5	punt 6	punt 7	punt 8	punt 9	punt 10	punt 11	punt 12	punt 13	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit %RSD
Laag 1	Deelsteek 1	37	199	40	328	166	120	67	43	89	931	205	84	311	46	225	193	117
	Deelsteek 2	57	182	47	40	252	276	36	25	379	222	470	59	138	606	686	232	93
	Deelsteek 3	62	343	57	396	137	213	55	26	311	35	469	529	66	148	380	215	81
	Deelsteek 4	75	123	116	31	592	333	95	100	324	36	657	622	30	82	327	236	96
	Deelsteek 5	90	47	98	47	55	75	509	84	222	36	54	190	37	52	159	117	105
	Deelsteek 6	652	369	545	53	123	197	428	385	48	71	65	103	205	62	118	228	89
	Deelsteek 7	476	38	180	755	120	104	285	783	76	78	100	53	583	83	69	252	104
	Deelsteek 8	690	56	111	475	323	81	65	94	112	165	152	79	482	455	244	239	83
	Deelsteek 9	521	54	26	26	234	310	35	62	112	137	448	358	101	586	222	215	88
Laag 2	Deelsteek 1	73	89	21	119	86	62	65	47	48	265	143	82	37	103	118	91	65
	Deelsteek 2	80	60	38	37	66	76	98	76	32	37	105	58	85	116	140	74	43
	Deelsteek 3	67	94	57	47	53	101	75	100	45	9	137	80	81	74	134	77	44
	Deelsteek 4	41	162	53	22	212	92	93	63	30	20	98	52	67	61	76	76	68
	Deelsteek 5	91	98	42	29	78	43	145	87	49	23	53	94	38	73	48	66	50
	Deelsteek 6	176	56	150	29	49	61	217	143	33	33	47	57	86	68	90	86	67
	Deelsteek 7	190	55	138	110	47	80	183	127	57	31	50	64	72	131	101	96	52
	Deelsteek 8	199	51	37	43	59	101	165	70	56	64	62	63	93	508	139	114	104
	Deelsteek 9	264	44	25	173	68	182	41	39	58	38	274	160	44	897*	134	110	79
Laag 3	Deelsteek 1	110	38	80	42	53	79	155	206	28	56	107	65	151	201	187	104	59
	Deelsteek 5	139	109	17	40	50	92	202	155	4	31	70	79	104	162	70	88	65
	Deelsteek 9	149	79	55	38	74	136	125	44	10	25	59	79	104	248	135	91	67
Som	Alle deelsteken	560	311	248	347	361	381	456	396	245	285	478	384	404	581	509	396	26
Som	B1 - deelsteken 1+3+5+7+9 B2 - deelsteken 1+5+9 B3 - deelsteek 5	519	322	127	457	270	352	475	412	218	383	483	434	363	434	381	375	28
Som	B1- deelsteek 1+5+9 B2 - deelsteek 1+5+9 B3-deelsteek 5	498	286	101	280	279	356	489	275	197	508	463	402	294	479	372	352	35
Som	B1/B2/B3- deelsteek 1	221	327	141	489	305	260	287	296	165	1252	455	232	499	350	529	387	69
	B1/B2/B3- deelsteek 5	320	254	158	116	183	210	855	326	275	90	178	363	179	288	277	271	66
	B1/B2/B3- deelsteek 9	934	177	106	238	376	627	200	144	180	200	781	597	250	834	491	409	68

*897 kg NO₃-N/ha: uitschieter, verwijderd voor de berekening van het gemiddelde en de variatiecoëfficiënt

Som(alles deelsteken)= som van [gemiddelde van alle deelsteken van bodemlaag 1 + gemiddelde van alle deelsteken van bodemlaag 2 + gemiddelde van alle deelsteken van bodemlaag 3]

Som (B1-deelsteken 1+3+5+7+9, B2-deelsteken 1+5+9, B3-deelsteek 5)= som van [gemiddelde van deelsteken 1+3+5+7+9 van bodemlaag 1 + gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 2 + gemiddelde van deelsteek 5 van bodemlaag 3]

Som (B1-deelsteken 1+5+9, B2-deelsteken 1+5+9, B3-deelsteek 5)= som van [gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 1 + gemiddelde van deelsteken 1+5+9 van bodemlaag 2 + gemiddelde van deelsteek 5 van bodemlaag 3]

Som (B1/B2/B3-deelsteek x)= som van [deelsteek x van bodemlaag 1 + deelsteek x van bodemlaag 2 + deelsteek x van bodemlaag 3]

Bijlage 3: Resultaten 3^{de} groenteperceel – bemonstering 1: bodemlaag 0 - 30 cm; bemonstering 2: 3 bodemlagen**RESULTATEN BEMONSTERING van bodemlaag 1****Nitraat in bodem (kg NO₃-N/ha) - bodemlaag 0 - 30 cm**

kg NO₃-N/ha	punt 1	punt 2	punt 3	punt 4	punt 5	punt 6	punt 7	punt 8	punt 9	punt 10	punt 11	punt 12	punt 13	punt 14	punt 15	gemidd.	veldvariabiliteit % CV
Deelsteek 1	69	155	177	222	342	42	162	69	157	313	126	530	122	28	16	169	82
Deelsteek 3	110	232	135	92	144	131	102	582	57	295	169	293	452	22	17	189	84
Deelsteek 5	69	651	103	170	248	81	85	260	348	89	106	306	345	65	36	197	84
Deelsteek 7	42	447	411	116	150	141	295	393	264	108	30	139	108	23	198	191	73
Deelsteek 9	73	129	52	162	460	339	282	343	285	73	162	80	173	26	23	178	76
Gemidd. Steek 1+3+5+7+9	72	323	176	152	269	147	185	330	222	176	119	269	240	33	58	185	50
Gemidd. Steek 1+5+9	70	312	111	184	350	154	176	224	263	159	131	305	213	40	25	181	54

RESULTATEN HERBEMONSTERING van 3 bodemlagen

0-30 cm	5 deelsteken	34	179	103	106	224	213	249	156	152	222	182	161	221	216	85	167	37
30-60 cm	3 deelsteken	28	158	188	131	109	230	283	176	40	235	144	150	170	151	144	156	43
60-90 cm	1 deelsteek	3,7	67	47	22	22	44	76	41	12	45	33	119	21	37	112	47	72
0-90 cm		66	404	338	259	355	486	608	374	203	502	359	430	413	404	341	370	35