



Stikstofverliezen door denitrificatie in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt

Onderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'



Telen met toekomst

Kor Zwart, Annemieke Smit & Kees Rappoldt

Stikstofverliezen door denitrificatie in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt

Onderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'

Kor Zwart, Annemieke Smit & Kees Rappoldt



Telen met toekomst

Colofon

Uitgever:

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : post@plant.wag-ur.nl
Internet : <http://www.plant.wageningen-ur.nl>

© 2002 Wageningen, Plant Research International B.V.

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

In 'Telen met toekomst' werken agrarische ondernemers samen met Wageningen UR (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en Plant Research International B.V.) en DLV Adviesgroep nv aan duurzame bedrijfssystemen voor akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, bloembollen en boomteelt.

Informatie over Telen met toekomst

DLV Adviesgroep nv
Telefoon: (0317) 49 16 12
Fax: (0317) 46 04 00
Postbus 7001, 6700 CA WAGENINGEN
E-mail: info@telenmettoekomst.nl
Internet: www.telenmettoekomst.nl

Inhoudsopgave

	Pagina
Woord vooraf	1
Samenvatting	3
1. Inleiding	5
1.1 Telen met toekomst	5
1.2 Denitrificatie	5
2. Methodiek	7
2.1 Potentiële denitrificatie	7
2.2 Effect van zuurstof	7
2.3 Effect van gewasresten	7
3. Resultaat	9
3.1 Potentiële denitrificatie	9
3.2 Effect van zuurstof	10
4. Discussie	13
5. Referenties	15

Woord vooraf

In het project 'Telen met toekomst' moet op de kernbedrijven de uitspoeling van stikstof en fosfaat op korte termijn worden teruggebracht naar een niveau dat twee keer zo laag is als de EU-norm voor nitraat voorschrijft en naar de nationale norm voor fosfaat.

Daartoe zijn er op de kernbedrijven teeltsystemen in ontwikkeling die hier voor moeten zorgen. Op twee van de kernbedrijven, Vredepeel voor akkerbouw en Meterik voor de vollegrondsgroenteteelt, verricht Alterra op uitgebreide schaal metingen om te onderzoeken of de getroffen maatregelen ook het gewenste resultaat opleveren. Bovendien wordt onderzocht wat de belangrijkste processen zijn achter de verliezen.

Een van de mogelijk belangrijke processen in de stikstofstroom op een perceel is denitrificatie. In de MINAS regelgeving wordt verondersteld dat circa 50% van het N-overschot op een bedrijf verdwijnt als gevolg van denitrificatie. In dit rapport wordt de denitrificatie van verschillende bodemlagen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik in kwantitatieve en kwalitatieve zin beschreven.

Hierbij uiten wij ook onze dank voor Eduard Hummelink, Tonnie van Steenbergen & Jan van Kleef die een groot deel van de bemonstering en de metingen hebben verricht.

Samenvatting

In opdracht van Plant Research International is door Alterra onderzocht hoe groot de denitrificatie is in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt op de proefbedrijven Vredepeel voor akkerbouw en Meterik voor vollegrondsgroenteteelt. De potentiële denitrificatie kan aanzienlijk zijn in de bouwvoor (0-30 cm), maar daaronder daalt de potentiële denitrificatie zeer snel. Onder veldomstandigheden voor temperatuur, nitraatgehalte en zuurstofgehalte in de bodem, is de waarschijnlijke denitrificatie nog vele malen lager dan onder de ideale omstandigheden waarbij de potentiële denitrificatie wordt gemeten. Onder meer realistische nitraatgehaltes en temperaturen is de snelheid minstens 6 keer lager dan onder ideale omstandigheden. Zuurstofmetingen in bodemprofielen lieten zien dat anaërobe condities waarschijnlijk alleen maar voorkomen bij zeer hoge vochtgehaltes, waardoor de kans op volledige anaërobe condities gering is. Al met al lijkt het niet aannemelijk dat denitrificatie een belangrijke bijdrage in de totale stikstofbalans van deze kernbedrijven zal innemen. Het effect van gewasresten moet nog worden bepaald.

1. Inleiding

1.1 Telen met toekomst

Het project Telen met toekomst (Tmt) is opgezet om de stikstof- en fosfaat- (N- & P-) verliezen uit de Nederlandse akker-, tuinbouw, bloembollen- en boomteelt bedrijven terug te dringen, zodat kan worden voldaan aan de milieunormen voor deze nutriënten. In Tmt wordt op twee niveaus op bedrijfssystemen onderzocht met welke strategieën de streefwaarden voor N en P in grond- en oppervlaktewater kunnen worden bereikt. Niveau 1 speelt zich af bij een groep telers door het hele land (voorloperbedrijven). De wijzigingen die bij de voorloperbedrijven worden aangebracht sluiten het meest aan bij de praktijkervaringen van de telers zelf. Niveau 2 gaat verder en wordt uitgevoerd op een aantal Kernbedrijven die nu reeds meedraaien in het Bedrijfssysteemonderzoek (BSO) van het Plantaardig Praktijk Onderzoek.

Het doel van het onderzoek op de Kernbedrijven is tweeledig:

1. Het zo snel mogelijk behalen van de streefdoelen (maar met de randvoorwaarde dat er dierlijke mest moet worden ingezet en dat de bodemvruchtbaarheid moet behouden blijven).
2. Het verdiepen van het inzicht in de processen die leiden tot de verliezen, zodat gerichte maatregelen kunnen worden genomen.

Een van de mogelijk belangrijke processen in de stikstofstroom is denitrificatie. In de MINAS regeling wordt verondersteld dat circa 50% van het stikstofoverschot op een bedrijf verdwijnt als gevolg van denitrificatie. Gedenitrificeerde nitraat kan geen belasting meer vormen voor het grondwater en het oppervlaktewater en daardoor levert denitrificatie een positieve bijdrage aan die vorm van milieubelasting. Doordat echter tijdens denitrificatie N₂O kan worden gevormd, een van de meest schadelijke broeikasgassen kan het proces ook een negatieve milieubelasting betekenen.

Het werkelijke aandeel van denitrificatie in de N-stroom in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt is niet goed bekend. Met name de vraag hoeveel stikstof er in de ondergrond van dergelijke bedrijven kan verdwijnen als gevolg van denitrificatie is niet goed onderzocht. Het doel van dit rapport is daarin meer duidelijkheid te brengen.

1.2 Denitrificatie

Denitrificatie is het proces waarbij nitraat in een aantal stappen wordt omgezet in moleculaire stikstof



Het proces verloopt niet autonoom, maar onder de gelijktijdige oxidatie van andere (an)organische verbindingen als pyriet, sideriet of organische moleculen. In dit rapport wordt alleen aandacht geschonken aan het laatste, aangezien pyriet en sideriet niet voorkomen in de bovenste laag (tot 2 m onder maaiveld) op beide kernbedrijven.

Verder treedt het proces hoofdzakelijk op onder anaërobe omstandigheden. Onder aërobe omstandigheden verloopt de afbraak van de bovengenoemde verbindingen met behulp van zuurstof. Bij hogere temperaturen loopt het proces sneller dan bij lage temperaturen. Beneden de 4-5 °C is de snelheid verwaarloosbaar klein. Bij 10 °C is de snelheid 2-3 keer langzamer dan bij 20 °C.

In dit rapport worden de resultaten van potentiële denitrificatiemetingen op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik besproken. Daarnaast wordt een deel van de resultaten van metingen van het zuurstofgehalte in de bodem onder verschillende vochtcondities besproken om aan te geven hoe groot de kans op anaërobe condities is.

Het effect van gewasresten op de denitrificatie komt later aan de orde.

2. Methodiek

2.1 Potentiële denitrificatie

Potentiële denitrificatie is gemeten bij 20 °C in ongestoorde grondmonsters van 100 ml, die anaëroob waren gemaakt met behulp van stikstofgas en waaraan acetyleen en een overmaat nitraat (200 mg per kg) was toegevoegd.

De monsters werden in drievoud gestoken uit het midden van de laag 0-30; 30-60, 60-90 en 90-120 cm van een aantal percelen van Vredepeel en Meterik op 18 oktober en 10 december 2001. Ze werden als representatief beschouwd voor de gehele laag. Gedurende drie achtereenvolgende dagen is de N₂O-productie gemeten om te controleren of het proces lineair in de tijd verliep. Dat was steeds het geval. De activiteit is omgerekend naar kg N per ha per dag.

2.2 Effect van zuurstof

Op 13 november 2001 zijn ongestoorde monsters gestoken van de laag 5-25 35-55 cm op twee plekken van de perceel 35 van Meterik en op twee plekken van perceel 18S van Vredepeel, met behulp van pvc-ringen met een diameter van 14 cm en een hoogte van 20 cm.

Deze monsters zijn bij 20 °C geplaatst en met behulp van zuurstofelektroden is het zuurstofgehalte op verschillende dieptes in het monster gemeten. Deze meting is eerst verricht in het veldvochtige monster en daarna nadat het monster was verzadigd met water (pF=0) en vervolgens op pF 2 en 3,2 was gebracht. Gelijktijdig is de respiratie gemeten en de natuurlijke N₂O-productie (zonder acetyleen) als maat voor de denitrificatie.

De mate waarin een profiel anaëroob wordt is een goede maat voor de kans dat denitrificatie kan optreden. In met name de profielen van Meterik duurde het erg lang voordat er in de kolommen een evenwicht was bereikt bij de laagste vochtgehalten. Daardoor zijn nog niet alle resultaten uitgewerkt en wordt hier slechts een deel gepresenteerd. De rest van de gegevens volgt in een latere rapportage.

2.3 Effect van gewasresten

Het effect van gewasresten op de denitrificatie moet nog worden gemeten.

3. Resultaat

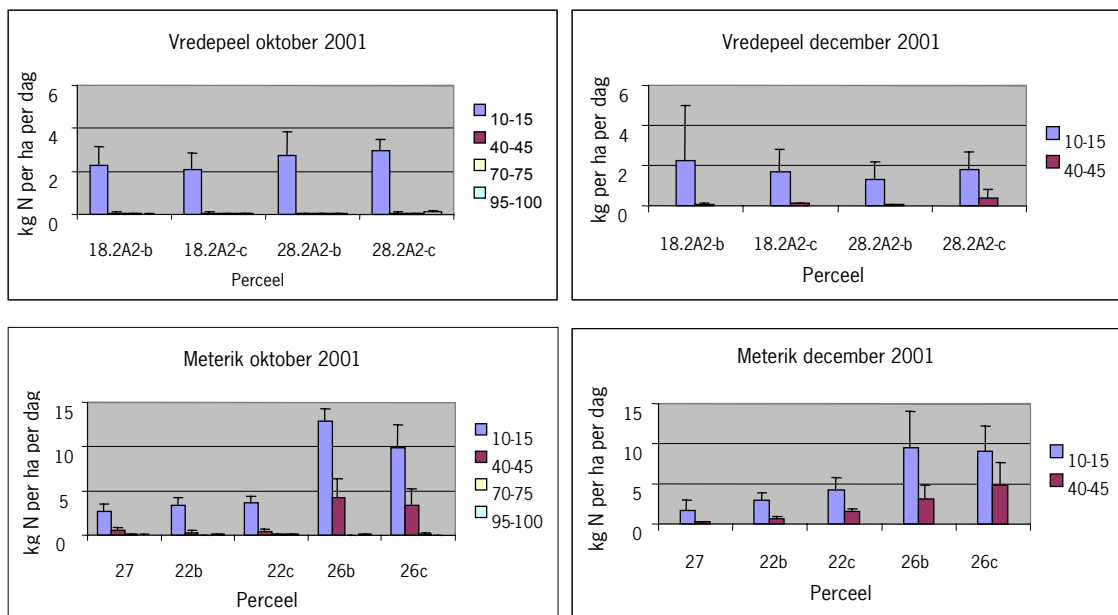
3.1 Potentiële denitrificatie

De potentiële denitrificatie van een aantal percelen op Vredepeel en Meterik in de maanden november en december 2001 staat weergegeven in Figuur 1.

Op Vredepeel is in oktober de potentiële denitrificatie ongeveer 2 kg per ha per dag in de bovenste 30 cm van het profiel. Beneden deze laag is de potentiële denitrificatie verwaarloosbaar laag. De verschillen tussen de percelen zijn gering en ook de spreiding binnen een perceel is gering (Fig. 1A). Op basis van de zeer lage activiteit in de onderste lagen is besloten om in december alleen de bovenste twee lagen te bemonsteren. De resultaten van december waren overeenkomstig die van oktober (Fig. 1B).

Op Meterik was de potentiële denitrificatie circa 3 kg per ha per dag in de bovenste 30 cm van perceel 22 en 27 en 10 kg per ha per dag op perceel 26. In de laag 30-60 cm de activiteit 3-6 keer zo laag en daaronder was de activiteit verwaarloosbaar klein. Alleen op perceel 26, waar ten tijde van de bemonstering nog prei stond, was nog een behoorlijke activiteit (0,1 kg per ha per dag) meetbaar (Fig. 1C). Ook op Meterik zijn in december alleen de lagen 0-30 en 30-60 bemonsterd en ook hier was de activiteit in december sterk overeenkomstig met die van november (Fig. 1D).

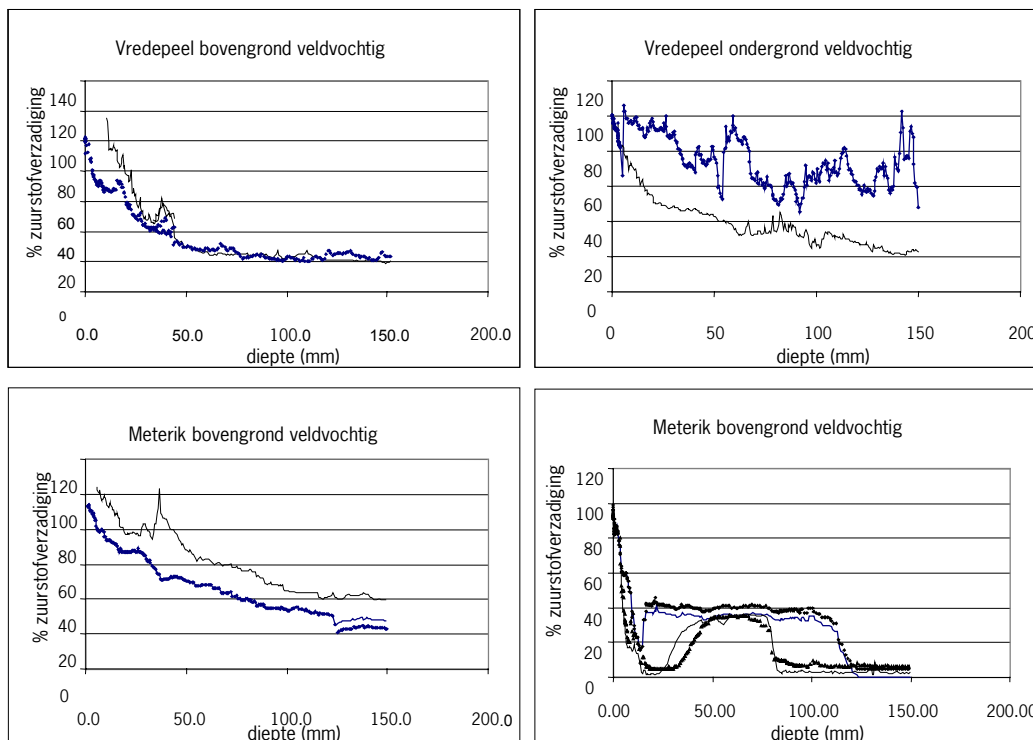
In de ondergrond is de potentiële denitrificatie dus zeer laag en op grond daarvan mag worden verondersteld dat de bijdrage van de ondergrond in de denitrificatie ook gering zal zijn.



Figuur 1. Potentiële denitrificatie op percelen van de proefbedrijven Vredepeel en Meterik in verschillende lagen van de bodem (gemiddelde van 4 metingen inclusief standaarddeviatie (balkje in de kolommen). De letters b en c geven aan dat het om plekken van braakveldjes in het betreffende perceel ging.

3.2 Effect van zuurstof

De zuurstofprofielen in de bodemkolommen van Vredepeel en Meterik bij verschillende vochtgehalten staan weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2. Zuurstofprofielen in verschillende bodemlagen van Vredepeel en Meterik bij verschillende vochtcondities. Iedere lijn vertegenwoordigt de meting van één elektrode.

Voor Vredepeel geldt dat onder veldcondities de bovenlaag niet anaëroob wordt. Onder veldvochtige condities bedraagt de CO_2 productie 6,4 kg per ha per dag en wordt er geen N_2O geproduceerd. De kans op denitrificatie is onder deze condities verwaarloosbaar klein. Hetzelfde geldt voor de laag 35-55 cm (Fig. 2A en B). In de onderlaag wordt 1,2 kg CO_2 per dag geproduceerd en eveneens geen N_2O . Alleen indien de bouwvoor volledig verzadigd is met water, ontstaan er anaërobe condities, maar alleen in de bovenste laag van het profiel. Bij alle andere vochtcondities en ook in de overige bodemlagen blijft zuurstof altijd goed meetbaar.

Voor Meterik is de situatie anders. Voor de ene plek geldt dat in de bovenste laag van de bodem binnen enkele millimeters van het oppervlak anaërobe condities optreden onder de veldcondities van november en tevens wanneer de bodem volledig verzadigd is met vocht (Fig. 2C). De respiratie op die plek is hoog (31,5 kg CO_2 per ha per dag) en tevens wordt er onder deze condities N_2O geproduceerd als gevolg van denitrificatie. Op de andere plek van het perceel werd de bodem onder veldvochtige condities niet anaëroob, bij een lagere CO_2 -productie van 6,4 kg CO_2 per ha per dag (Fig. 2D). Op deze plek ontstond dan ook geen N_2O . In de ondergrond werd het nergens anaëroob. De resultaten van de overige vochtcondities worden later gerapporteerd.

Deze resultaten laten zien dat de kans op anaërobe condities in de ondergrond zeer gering is en daarmee ook de kans op het optreden van denitrificatie. Daaraan is echter een voorbehoud gekoppeld. Als de bovenlaag anaëroob wordt en er ook geen zuurstof meer naar de onderste lagen doordringt, zal ook in de onderste lagen langzaam alle zuurstof worden verbruikt. Daarna zal er zeer waarschijnlijk denitrificatie optreden. Zuurstof kan door de bovenlaag heen naar beneden doordringen door wormengangen (oude) wortelstelsels, etc. Na de oogst, wanneer er nog wortelresten in het profiel aanwezig zijn, dringt zuurstof dus waarschijnlijk zeer gemakkelijk de onderste lagen binnen. De kans op anaërobe condities is dan niet erg groot. Verderop in het seizoen is de kans op aanwezigheid van nitraat weer veel geringer geworden, waardoor de kans op denitrificatie eveneens gering is.

4. Discussie

De potentiële denitrificatiemetingen laten zien dat onder de meest gunstige omstandigheden, d.w.z. een zeer hoge nitraatconcentratie, volledige anaërobe condities en een temperatuur van 20 °C, er een aanzienlijke denitrificatie kan optreden in de bovenste laag van het profiel van Vredepeel, maar dat in de lagen beneden de 30 cm de denitrificatie zeer laag is. Op Meterik daalt de denitrificatie beneden de 60 cm tot lage waarden. Hetzelfde werd gevonden in een serie metingen waarbij de potentiële denitrificatie tot op 200 cm minus maaiveld werd gemeten (Zwart 2002, in voorbereiding).

Dit betekent in elk geval dat de kans op denitrificatie in de diepere lagen van de bodem op beide locaties gering is. Alleen bij zeer lange verblijfstijden zou een deel van de daar aanwezige nitraat nog kunnen verdwijnen (Zwart 2002, in voorbereiding).

In de bovenste laag van het profiel ligt dat anders. Daar is echter de vraag hoe hoog de denitrificatie wordt onder meer realistische condities zoals die zich in het veld voordoen. Factoren die daarbij van belang zijn temperatuur, nitraatconcentratie en het zuurstofgehalte.

De gemiddelde bodemtemperatuur is circa 10 °C. Bij 10 °C is de denitrificatie 2-3 keer lager dan bij 20 °C (Hénault & Germon, 2000).

Het effect van de nitraatconcentratie volgt uit de zogenaamde Michaelis-Menten relatie tussen nitraatconcentratie en de denitrificatiesnelheid. Deze is o.a. bepaald door Hénault & Germon (2000). Zij vonden dat bij een gehalte van 22 mg nitraat-N per kg grond de denitrificatiesnelheid de helft van de maximumwaarde was. Een gehalte van 22 mg N per kg in een laag van 30 cm komt op Vredepeel en Meterik overeen met een hoeveelheid van circa 90 kg nitraat-N per ha. Dit gehalte zal ongetwijfeld een aantal keren voorkomen in een jaar, maar meestal zal het lager zijn. Dat heeft dus tot gevolg dat onder realistische nitraatconcentraties de denitrificatie nog eens minstens 2 keer zo laag zal zijn als onder ideale omstandigheden, en meestal zelfs nog meer dan 2 keer zo laag. Het nitraatgehalte is een aantal keren gemeten in de diverse bodemlagen en zodra de resultaten daarvan beschikbaar zijn kan worden berekend hoe hoog de denitrificatie onder die omstandigheden nog is ten opzichte van de maximumsnelheid.

Het effect van het zuurstofgehalte kan worden afgeleid uit Figuur 2. Alleen indien de bodem sterk anaëroob is treedt er denitrificatie op. Volledige anaërobe condities komen niet voor onder veldcondities op Vredepeel, maar wel op sommige plekken op Meterik, maar dan alleen in de bovenste 30 cm van het profiel. Het aantal dagen dat er volledige anaërobe condities zullen optreden is moeilijk exact te geven, maar zal afhankelijk zijn van grote hoeveelheden neerslag in korte tijd, waardoor de bodem volledig verzadigd raakt met water. De tijdsduur waarin deze situatie gehandhaafd blijft hangt sterk af van de hydraulische eigenschappen van de bodem. Voor Vredepeel geldt dat de bodem zeer goed doorlatend is, zodat daar een langdurige volledige verzadiging zelden zal optreden. Voor Meterik geldt dat sommige plekken op het bedrijf een hoge doorlatendheid hebben, waar eveneens langdurige verzadiging zelden zal optreden. Op andere plekken is de doorlatendheid echter gering. Daar kan na langdurige regen of een zware bui langere tijd water blijven staan. Zie rapportage over vochtretentiekenmerken (De Vos *et al.*, 2002). De nitraat die dan in de bodem aanwezig is zal waarschijnlijk verdwijnen door denitrificatie. Daarna zal er nauwelijks nieuwe nitraat worden gevormd tot er weer voldoende zuurstof in de bodem doordringt, waarna echter de denitrificatie weer stopt.

Met behulp van berekeningen kan worden aangegeven wanneer de situatie in de bodem zodanig is dat er denitrificatie kan optreden en hoeveel nitraat er dan kan verdwijnen door dit proces. Metingen in het veld zullen moeten uitwijzen in hoeverre die berekeningen overeenkomen met werkelijke meetwaarden. Dergelijke metingen zullen in 2002 en ook daarna nog worden verricht op Vredepeel met behulp van ¹⁵N gelabelde nitraat. Deze experimenten worden uitgevoerd vanuit DWK programma 398. Het effect van gewasresten op de denitrificatie wordt later in 2002 onderzocht.

5. Referenties

- Hénault, C. & J.C. Germon, 2000.
NEMIS a predictive model of denitrification on the field scale. *European Journal of Soil Science* 51, 257-270.
- Postma, R., 2002.
Organische stofopbouw en N-mineralisatie op kernbedrijven; toetsing model Janssen. Tmt NMI rapport, Rapport nr OV 0203, Telen met toekomst, Plant Research International, Wageningen, 39 pp.
- Smit, A.L., 2002.
Gebruik van Global Positioning System (GPS) binnen Telen met toekomst. Plaatsbepaling bij monsternamen op de voorloperbedrijven. Rapport nr OV 0201, Telen met toekomst, Plant Research International, Wageningen, 14 pp.
- Velthof, G.L. & P.J. Kuikman, 2000.
Beperking van lachgasemissie uit gewasresten. Alterra-rapport 114-3, Alterra, Wageningen.
- Vos, J.A., E.W.J. Hummelink & T.S. van Steenbergen, 2002.
Waterretentie en -doorlatendheidskarakteristieken van Telen met toekomst-proefvelden Meterik en Vredepeel. Tmt Alterra rapport, Rapport nr OV 0204, Telen met toekomst, Plant Research International, Wageningen, 23 pp.
- Zwart, K., A. Smit & K. Rappoldt, 2002.
Stikstofverliezen door denitrificatie in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Tmt Alterra rapport, Rapport nr. OV 0202, Telen met toekomst, Plant Research International, 15 pp.
- Zwart, K.B., 2002.
Denitrificatie in de bouwvoor en de ondergrond. Resultaten van metingen in 13 profielen tot 200 cm diep. Alterra, Wageningen (in voorbereiding).



Onderzoek en rapportage voor Telen met toekomst zijn uitgevoerd door ALTEERRA

