



Stikstofstromen op de kernbedrijven Meterik en Vredepeel



Telen met toekomst

Mineralisatie van bodem en gewasresten

Annemieke Smit & Kor Zwart

Stikstofstromen op de kernbedrijven Meterik en Vredepeel

Mineralisatie van bodem en gewasresten

Annemieke Smit & Kor Zwart



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.wur.nl
Internet : <http://www.plant.wur.nl>

© 2003 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
2. Methodebeschrijving	7
2.1 Eerste fase: inventarisatie van variabiliteit in potentiële mineralisatie	7
2.1.1 Bemonstering	7
2.1.2 N-mineralisatie	8
2.1.3 Respiratie	8
2.2 Tweede fase: potentiële mineralisatie op alle Alterra meetpercelen	8
2.2.1 Bemonstering	8
2.2.2 N-mineralisatie	8
2.2.3 Respiratie	9
2.3 Vergelijking verstoorde vs. onverstoorde monsters	9
2.3.1 Bemonstering	9
2.3.2 N-mineralisatie	9
2.3.3 Respiratie	9
2.4 Gewasresten	10
2.4.1 Bemonstering	10
2.4.2 N-mineralisatie	11
2.4.3 Respiratie	11
3. Resultaten	13
3.1 Eerste fase: variabiliteit in potentiële mineralisatie	13
3.1.1 N-mineralisatie	13
3.1.2 CO ₂ -respiratie	16
3.2 Tweede fase: potentiële mineralisatie op alle Alterra meetpercelen	17
3.3 Vergelijking verstoord - onverstoord	19
3.4 Gewasresten	20
4. Conclusies	23
5. Referenties	25

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 is mineralisatie. Door mineralisatie komt er jaarlijks een bepaalde hoeveelheid stikstof vrij uit de voorraad bodemorganische stof. Daarnaast leveren op het land achtergelaten en soms ingewerkte gewasresten ook minerale stikstof, hoewel de snelheid en volledigheid waarmee dit gebeurt voor verschillende gewasresten flink uiteen kan lopen. In dit rapport worden diverse laboratoriumproeven beschreven, die zijn uitgevoerd om de mineralisatie van bodem en gewasresten in kwantitatieve zin te beschrijven.

Hierbij willen wij Tonnie van Steenbergen en Popko Bolhuis bedanken voor de bemonsteringen en de vele metingen die zij hebben verricht.

Samenvatting

In opdracht van Plant Research International is door Alterra onderzocht hoe groot de mineralisatie van stikstof (en koolstof) uit bodemorganische stof en gewasresten is in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. Hiertoe zijn laboratoriumproeven uitgevoerd waarbij bodemmonsters zijn geïncubeerd gedurende 8 tot 12 weken. Tijdens de incubatieperiode is op meerdere tijdstippen de verandering in de voorraad mineraal N en de CO₂-productie gemeten.

In tegenstelling tot de gangbare methodiek, zijn de monsters geïncubeerd zonder eerst gedroogd, gezeefd en gehomogeniseerd te zijn. Dit betekende dat er voor het bepalen van een perceelsgemiddelde geen gebruik kon worden gemaakt van een mengmonster. Daarom is er eerst geïnventariseerd hoeveel monsters nodig zijn voor een schatting van het gemiddelde. Aangezien de variatie tussen de monsters wel tot uiting kwam in de initiële hoeveelheid N_{min}, maar niet in de mineralisatie, is vastgesteld dat drie monsters een voldoende betrouwbaar beeld geven.

Van alle percelen, die door Alterra als intensieve meetpercelen zijn aangemerkt is op twee dieptes de potentiële mineralisatie vastgesteld. Het blijkt dat verschillen tussen de percelen niet groot zijn. De twee bedrijven verschillen wel van elkaar, door de verschillen in profielopbouw. In een aantal percelen is tevens een controle uitgevoerd naar de mogelijke afwijkingen tussen verstoorde en onverstoorde monsters. De verschillen bleken klein en niet consistent.

De mineralisatie van gewasresten kan sterk verschillen. Vooral de bladgewassen mineraliseren bijzonder snel, hoewel ook van verse zomergerst-stengels binnen 12 weken vrijwel alle stikstof is gemineraliseerd. De CO₂-respiratie vertoont grote gelijkens met de N-mineralisatie.

1. Inleiding

Het project Telen met toekomst (Tmt) is opgezet om de stikstof en fosfaatverliezen uit de Nederlandse akker-, tuinbouw, bloembollen- en boomteeltbedrijven terug te dringen, zodat kan worden voldaan aan de milieunormen voor deze nutriënten. In TmT op bedrijfssystemen onderzocht met welke strategieën de streefwaarden voor grond- en oppervlaktewater kunnen worden bereikt. Alterra doet onderzoek naar stikstofstromen op een tweetal proefbedrijven (kernbedrijven); Meterik (vollegrondsgroente) en Vredepeel (akkerbouw).

Uitspoeling van stikstof wordt o.a. bepaald door de hoeveelheden stikstof die enerzijds aan de bodem worden toegevoegd door bemesting en anderzijds aan de bodem worden onttrokken door het gewas. Hiermee is de balans echter nog niet sluitend. In de bodem spelen zich meerdere processen af die de voorraad mineraal stikstof in de bodem beïnvloeden. De belangrijkste processen die verder van belang zijn voor stikstofstromen in de bodem zijn: mineralisatie en immobilisatie (samen netto mineralisatie), denitrificatie en stikstoffixatie door vlinderbloemigen. Dit rapport behandelt de mineralisatie. Mineralisatie is het proces waarbij organische stof uit de bodem, uit mest of uit gewasresten wordt afgebroken door (micro)organismen en waarbij stikstof en koolstof uit dat materiaal vrijkomen in minerale vorm.

Voor mineralisatie zijn de hoeveelheid beschikbare organische stof, het vochtgehalte, de temperatuur en de zuurstofvoorziening van belang. Mineralisatie speelt een belangrijke rol voor gewasopname vlak voor en gedurende de teelt. Na de oogst, vooral wanneer er gewasresten op het perceel achterblijven en ook de afbraak van bodemorganische stof en mest nog doorgaat, speelt mineralisatie een grote rol bij de uitspoeling van nitraat en eventueel denitrificatie.

Het doel van dit onderzoek is het vaststellen van de potentiële mineralisatie van percelen op de Telen met toekomst bedrijven Meterik en Vredepeel. Het onderzoek is in verschillende fasen uitgevoerd. In het najaar van 2001 zijn monsters uit braakveldjes genomen om de variabiliteit in mineralisatie op verschillende dieptes te meten. In het voorjaar van 2002 zijn monsters van diverse percelen genomen voor een uitgebreide inventarisatie van de potentiële mineralisatie. De Alterra-metingen zijn uitgevoerd aan ongestoorde monsters, in tegenstelling tot de meer algemene methode, waarbij monsters eerst gezeefd en gehomogeniseerd worden. Verondersteld werd dat homogeniseren een stimulerend effect zou kunnen hebben op de mineralisatie. Het effect van homogeniseren op de mineralisatiesnelheid is in de tweede fase eveneens onderzocht.

Zowel in de vollegrondsgroenteteelt als in de akkerbouw worden er aan het eind van groeiseizoen gewasresten ingewerkt. Deze bevatten stikstof, die deels in de loop van de herfst, winter en voorjaar zal vrijkomen en volgens algemene verwachting voor een deel voor het volgende gewas in minerale vorm beschikbaar zijn. De mate van en de snelheid waarin gewasresten mineraliseren is onderzocht.

2. Methodebeschrijving

Alterra voert het onderzoek naar de mineralisatie voor Telen met toekomst op de proefbedrijven uit op een aantal geselecteerde percelen (voor criteria zie Zwart & Smit, 2002). Op het bedrijf Meterik worden 4 synthese percelen (24, 25, 26 en 27) en twee analyse percelen (21 en 22) onderzocht. Op Vredepeel zijn 8 percelen geselecteerd. Hier hebben we ervoor gekozen alleen synthese en Analyse-2 percelen in het onderzoek te betrekken. Deze zullen mogelijk het meest van elkaar verschillen. Het betreft hier de percelen 18.1S, 18.2A2, 26.1S, 26.2A2, 27.1S, 27.2A2, 28.1S en 28.2A2.

2.1 Eerste fase: inventarisatie van variabiliteit in potentiële mineralisatie

Over het algemeen wordt voor een potentiële mineralisatiemeting een mengmonster van een perceel in het laboratorium eerst over 2 mm gezeefd en goed gemengd. Deze behandeling leidt veelal tot een hoge mineralisatie aan het begin van de incubatieperiode. De bovenste 20 tot 30 cm van het bodemprofiel worden in het veld ook wel gemengd bij grondbewerking, maar dit is minder intensief. De bodem dieper dan 30 cm wordt vrijwel nooit verstoord. Door zeven en homogeniseren zou meer organisch N beschikbaar kunnen komen voor micro-organische door fysieke ontsluiting, waardoor de N-mineralisatie kan worden overschat.

In dit onderzoek hebben we er voor gekozen de bodemmonsters niet te zeven en te mengen, maar zonder verstoring te incuberen. Een consequentie van deze methode is dat er geen mengmonsters van een perceel kunnen worden gebruikt, waarmee wordt verondersteld een goed perceelsgemiddelde te hebben verkregen. Er moeten nu meerdere monsters naast elkaar worden geïncubeerd om tot een goede schatting te komen van de gemiddelde potentiële mineralisatie. In deze eerste fase is onderzocht hoe groot de variatie tussen afzonderlijk gestoken en geïncubeerde monsters is.

Deze eerste fase heeft tevens tot doel een goede selectie te maken van de relevante meetdieptes voor de tweede fase.

2.1.1 Bemonstering

De bemonstering voor de eerste fase vond plaats in het najaar van 2001. Op dat moment was het teeltseizoen grotendeels voorbij, maar de hoeveelheid verse organische stof uit mest en in het bijzonder gewasresten was nog vrij hoog. Om het effect daarvan te vermijden zijn de monsters op de onbemeste braakveldjes genomen. Deze liggen in Meterik op de percelen 22 en 26 en in Vredepeel op de percelen 18.2A2 en 28.2A2. Helaas was er op Meterik een fout gemaakt, waardoor er op het onbemeste veldje wel een gewas (prei) stond.

In Vredepeel zijn op beide braakveldjes 6 profielen (6 herhalingen) bemonsterd. In Meterik zijn de braakveldjes aanzienlijk kleiner en is het aantal profielen tot 3 beperkt. Voor ieder profiel is een kuil gemaakt tot 95 cm diep. In de wand van de kuil zijn op 3 dieptes (10-15, 40-45 en 70-75 cm) telkens 4 monsters naast elkaar genomen, d.m.v. pF-ringen (100cm³), die in de wand werden gedrukt. Vervolgens werden er ook 4 ringen in de bodem van de kuil geplaatst voor de laag 95-100 cm. De 4 ringen werden in het veld van een monsternummer voorzien.

2.1.2 N-mineralisatie

In het laboratorium werden de pF-ringen, die waren aangemerkt als tijdstap=0 direct overgebracht naar het laboratorium, waar ze werden geanalyseerd op het gehalte NH_4 en NO_3 . De ringen, die zijn aangemerkt als tijdstap=4 weken en tijdstap=8 weken werden veldvochtig in papieren monsterzakken (aan de binnenzijde gecoat om vochtverlies tegen te gaan) gedaan, die werden dichtgevouwen en bij 20°C geïncubeerd. Na 4, respectievelijk 8 weken werden deze monsters eveneens naar het laboratorium overgebracht voor analyses. De ringen voor tijdstap=12 weken werden in gesloten glazen potten geïncubeerd, zodat ze gedurende de incubatieperiode ook voor CO_2 -metingen konden worden gebruikt. Na 12 weken werden ook deze monsters geanalyseerd.

De meetresultaten uit het laboratorium waren uitgedrukt in mg.kg^{-1} en zijn omgerekend naar kg.ha^{-1} . Hiervoor werd, in navolging van Plant Research International (Langeveld & De Haan, 2003), een bulkdichtheid van $1,4 \text{ kg dm}^{-3}$ gebruikt. Daarnaast is de k-waarde bepaald, d.w.z. de fractie van de totale hoeveelheid organische N die per dag wordt omgezet in minerale N.

2.1.3 Respiratie

De glazen potten met daarin de ringen voor tijdstap=12 weken werden van een buisje met 20 ml natronloogoplossing (0.5 N) voorzien (Alef, 1995). De loogoplossing vangt de CO_2 in de pot op en na een week worden de buisjes vervangen door nieuwe. Uit de loogoplossing werd 2 ml gepipetteerd. Na toevoeging van 1 ml BaCl_2 (1.5 N) werd de oplossing met 0.1 N HCl teruggetitreerd tot pH 8.3. De hoeveelheid gerespireerde C wordt bepaald door de hoeveelheid CO_2 , die wordt vastgelegd door de loog. Dit komt tot uiting in het verschil tussen het aantal ml 0.1 N HCl voor de vaatjes loog uit de potten met een monster en de benodigde hoeveelheid HCl voor blanco potten (leeg). De gerespireerde hoeveelheden C werden per pot gesommeerd over de gehele incubatieperiode van 12 weken. De hoeveelheid geproduceerde CO_2 -C werd gedeeld door de totale hoeveelheid C in het monster, om de k-waarde van de afbraaksnelheid te bepalen. Daarvoor werd gebruik gemaakt van het organisch-stofgehalte dat bij de najaarsmeting 2001 van beide proefbedrijven werd bepaald. Dit betreft een gemiddelde van het perceel over een diepte van 30 cm. We hebben aangenomen dat de helft bodemorganische stof uit C bestond.

2.2 Tweede fase: potentiële mineralisatie op alle Alterra meetpercelen

2.2.1 Bemonstering

Op basis van de resultaten van de eerste fase (zie paragraaf 3.1.1) is besloten dat voor de inventarisatie van de Alterra-percelen 3 monsters per perceel voldoende inzicht geven in gemiddelde situatie van een perceel. Daarnaast is ook besloten dat alleen de meetlagen 10-15 cm en 40-45 cm relevant zijn, omdat in de diepere lagen organische-stofgehaltes erg laag zijn waardoor de mineralisatie minimaal is. De diepere lagen zijn in deze tweede fase niet meer bemonsterd.

In maart 2002 zijn, voor de groundbewerking in het voorjaar en de bemesting, monsters genomen op de geselecteerde percelen in Meterik en Vredepeel. Op ieder perceel zijn 3 kuilen diagonaal over het perceel geplaatst. In iedere kuil zijn op 10-15 cm en op 40-45 cm diepte 4 pF-ringen bemonsterd.

2.2.2 N-mineralisatie

Voor de N-mineralisatie is dezelfde procedure gevolgd als bij de eerste fase (zie paragraaf 2.1.2).

2.2.3 Respiratie

De meting van C-respiratie d.m.v. het opvangen in loog bleek een zeer arbeidsintensieve methode (paragraaf 2.1.3). Daarom is in het voorjaar van 2002 voor een alternatieve, tijdsbesparende methode gekozen. De monsters voor ($t=12$) werden, net als in het najaar 2001 in glazen weckpotten geïncubeerd gedurende 12 weken bij 20°C. Tijdens de incubatie werden de potten een aantal keer gedurende 1 tot 2 dagen afgesloten. Gedurende deze tijd werd de CO₂-productie gemeten met behulp van een gasmonitor en daaruit werd vervolgens de CO₂-respiratie per dag bepaald (Parkin *et al.*, 1996). Deze meetwaarden op dagbasis werden geïntegreerd tot een totale hoeveelheid C-respiratie in 12 weken. Ondanks het feit dat ze waren afgedekt, trad er toch vochtverlies uit de potten. Daarom moest er zo nu en dan vocht worden toegevoegd en is er sprake geweest van wisselende vochttoestanden gedurende de incubatieperiode. Dit heeft gevolgen voor de resultaten van de CO₂-respiratiemetingen, maar ook voor de resultaten van de N-mineralisatie op $t=12$.

2.3 Vergelijking verstoorde vs. onverstoorde monsters

De gevolgde werkwijze van onverstoorde bodemonsters levert wel een dilemma op. Met de standaard (mengmonster-)methode wordt een goed perceelsgemiddelde verkregen, maar de mineralisatie kan worden overschat (Cabrera & Kissel, 1988). Met onverstoorde monsters wordt een meer realistische meting gedaan, maar de betrouwbaarheid op perceelsniveau is veel lager door ruimtelijke variatie. Een belangrijke vraag was of er werkelijk zoveel verschil is tussen een methode met verstoorde en onverstoorde monsters. De resultaten van de eerste fase in het Alterra-onderzoek leverde lagere schattingen van de mineralisatie op dan de meetresultaten van Plant Research International (Langeveld & De Haan, 2003). Deze meetgegevens waren moeilijk te vergelijken doordat er niet alleen een verschil in voorbewerking zat, maar de incubatie en analyses op verschillende locaties werden uitgevoerd. Om slechts het effect van verstoring te meten werd besloten tot een gerichte vergelijking. Parallel aan de tweede fase werden er monsters genomen die werden geroerd om grondbewerking te simuleren.

2.3.1 Bemonstering

De bemonstering voor de vergelijking tussen verstoord en onverstoord werd gelijktijdig met de tweede fase uitgevoerd. Op twee percelen (25 in Meterik en 26.1 in Vredepeel) werden niet 3 maar 5 kuilen gemaakt. Daarin werden naast de ringen voor de onverstoorde incubatie nog 4 ringen gestoken, waarvan de inhoud werd gehomogeniseerd.

2.3.2 N-mineralisatie

In het laboratorium zijn de te homogeniseren monsters allemaal apart uit de ringen gehaald en goed doorgeroerd. Vervolgens werden de $t=0$ monsters voor analyse overgebracht en de $t=4$ en $t=8$ monsters in papieren zakken geïncubeerd bij 20°C. De monsters voor $t=12$ werden in glazen potten geïncubeerd, zodat gedurende de incubatie ook CO₂-respiratie kon worden gemeten.

2.3.3 Respiratie

De CO₂-respiratie werd gemeten volgens de procedures die in paragraaf 2.2.3 is beschreven.

2.4 Gewasresten

De mineralisatie uit gewasresten werd onderzocht door een bekende hoeveelheid van de gewasresten aan een kilogram grond toe te dienen en de mineralisatie te vergelijken met controle van grond zonder gewasresten. De hoeveelheid gewasresten was gebaseerd op de realistische situatie in het veld. De hoeveelheid gewasrest per hectare werd omgerekend tot de juiste mengverhouding van grond en gewasrest. Daarbij werd aangenomen dat gewasresten tot gemiddeld 15 cm diep werden ingewerkt. In onderstaande tabel staan de opbrengst van de gewasrest en de mengverhouding. IJssla, Chinese kool en Tagetes komen uit Meterik, de overige materialen uit Vredepeel. De opbrengst van bladrammenas en zomergerst was zo laag, dat er voor gekozen is meer materiaal door de grond te mengen. Voor bladrammenas benaderde de mengverhouding nu meer de gangbare opbrengst.

Tabel 2.1. Opbrengst (ton/ha) en mengverhouding (g (vers)/kg) van de onderzochte gewasresten. a) is uitgevoerd in 2001 en b) in 2002.

Gewasrest		Opbrengst vers materiaal (ton/ha)	Mengverhouding (g/kg grond)	Mengverhouding drooggewicht (g/kg)	Oogstdatum
IJssla	a)	37	16,4	0,72	25-10-2001
Chinese kool	a)	50	22,2	1,44	25-10-2001
Tagetes	b)	28	12,5	1,77	23-09-2002
Suikerbiet	a)	30	13,3	1,48	05-11-2001
Erwt	b)	35	15,4	2,77	27-06-2002
Zomergerst (vers)	b)	3,8	10 ¹⁾ (=18 ton/ha)	2,41	11-03-2002
Bladrammenas	b)	7,8	20 ¹⁾ (=45 ton/ha)	2,62	11-03-2002
Stro	a)	4	2	1,98	05-11-2001

¹⁾ De mengverhouding is groter dan berekend op basis van de opbrengst, omdat de opbrengst zo laag was dat er nauwelijks materiaal ingewerkt zou worden.

Het inwerken van stro wordt vaak gedaan om minerale N in de bodem tijdelijk te immobiliseren. Om dit effect optimaal te kunnen laten verlopen is aan de grond van zowel de blanco's als van de monsters met gewasresten $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ toegevoegd, zodat het N-gehalte met 30 mg.kg^{-1} werd verhoogd.

2.4.1 Bemonstering

De gewasresten werden door de proefbedrijven bemonsterd, op het moment dat het gewas werd geoogst of, in het geval van groenbemesters, wanneer de resten werden ondergewerkt. De gewasresten werden zo snel mogelijk naar het laboratorium bij Alterra gebracht. Daar werden de gewasresten gemengd met grond.

De grond werd telkens op het moment dat er nieuwe gewasresten binnenkwamen bemonsterd op het betreffende bedrijf. Er werd een perceel gekozen, waar al lang geen mest of gewasresten aan waren toegevoegd, als dat niet kon werd een niet bemest braakveldje bemonsterd. Dit om een zo laag mogelijke achtergrond mineralisatie te krijgen.

2.4.2 N-mineralisatie

De grond met gewasresten werden net als de grondmonsters in ringen geïncubeerd. Ter controle werd ook altijd een meetreeks bodemmonster zonder gewasrest eerst geroerd en vervolgens in ringen gestopt. Na telkens 4 weken werden de monsters naar het laboratorium gebracht voor analyses. De methode staat in paragraaf 2.1.2 verder beschreven. De netto mineralisatie werd berekend. Dat wil zeggen dat er rekening werd gehouden met de mineralisatie van de grond zelf en met de hoeveelheid N die met de gewasresten aan de grond werd toegevoegd.

2.4.3 Respiratie

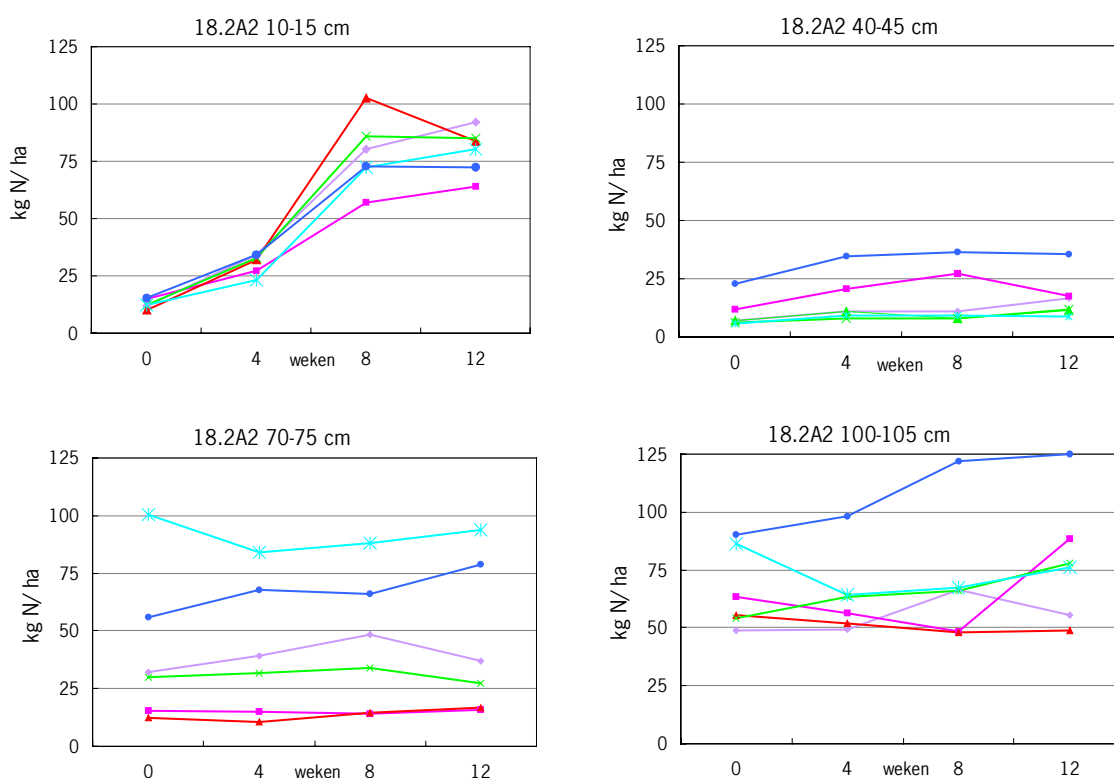
De gewasresten zijn in de loop van twee meetseizoenen en binnengekomen. Daardoor zijn er vele meetreeksen geweest. Bij alle gewasresten, die in 2001 zijn geoogst, is de respiratie op de zelfde manier bepaald als voor de eerste fase (loog-methode, zie paragraaf 2.1.3). Voor de gewasresten, die in 2002 zijn geoogst, is de respiratie met de gasmonitor gemeten (paragraaf 2.2.3). Ook hier werd de netto respiratie berekend, dus onder de respiratie van de grond.

3. Resultaten

3.1 Eerste fase: variabiliteit in potentiële mineralisatie

3.1.1 N-mineralisatie

In Figuur 3.1 zijn de resultaten van het onbemeste (braak)veldje weergegeven als voorbeeld van het verloop van de mineraal N-gehalten in de bodemmonsters. In de bovenste twee grafieken staan de resultaten van de monsters die op 10-15 cm en 40-45 cm zijn genomen. Het is duidelijk dat in de bovenste laag de beginwaarde van N_{min} erg laag is, maar dat er in de loop van de 12 weken een behoorlijke hoeveelheid (67 kg/ha voor de laag 0-30 cm) mineraliseert. De monsters uit de 6 verschillende kuilen vertonen een zeer vergelijkbaar verloop. In de monsters van 40 tot 45 cm is de hoeveelheid N_{min} op tijdstip 0 ook erg laag, maar daar neemt de hoeveelheid in de tijd nauwelijks toe, slechts 7 kg/ha (berekend voor een laag van 30 cm dik). De verschillen in het verloop van de N_{min} in de tijd tussen de herhalingen is ook in deze horizont erg klein. Dat betekent dat ook de mineralisatie slechts weinig variatie vertoont.

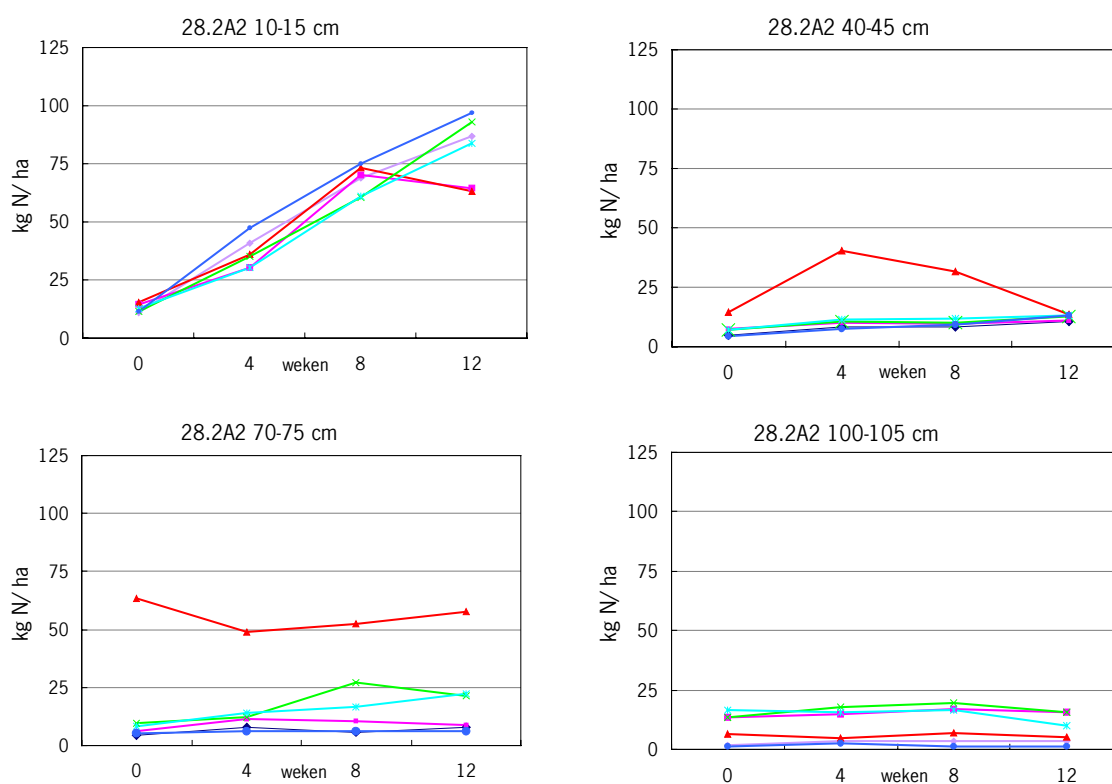


Figuur 3.1. Het verloop van N_{min} (kg N/ha) gedurende het incubatie experiment in alle 6 herhalingen, omgerekend naar voorraden in lagen van 30 cm dik (0-30; 30-60; 60-90; 90-120 cm). Perceel 18.2A2 in Vredepeel.

De monsters, die op 70-75 cm diepte genomen zijn vertonen grote variatie in aanvangsniveau van de N_{min}-gehalten, maar er is nauwelijks een toename van N_{min} in de tijd te zien. De fluctuaties in N_{min} zouden doen vermoeden dat er sprake is van immobilisatie en mineralisatie. De verschillen tussen de

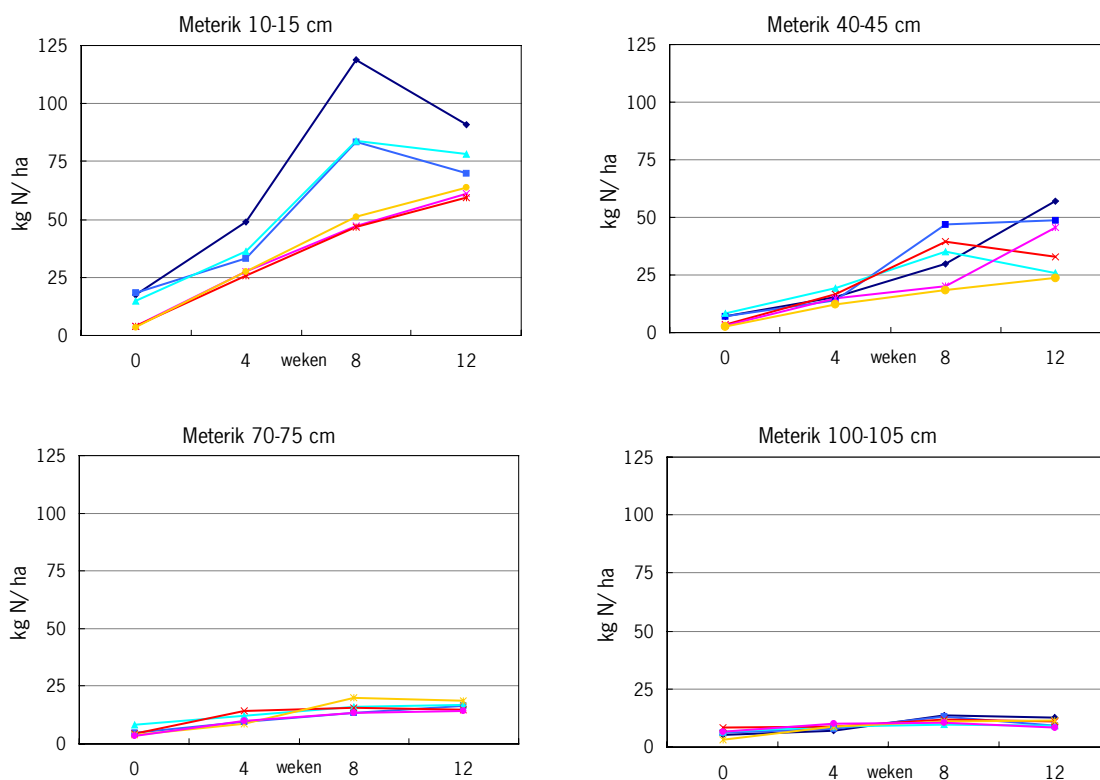
tijdstappen zijn echter erg klein en het is belangrijk om hier in de gaten te houden dat het afzonderlijke monsters betreft. Gezien de grote variatie tussen de kuilen, mag worden verwacht dat er ook binnen een kuil variatie tussen de monsters bestaat. De schijnbare fluctuaties in N_{min} , kunnen ook het gevolg zijn van initiële variatie. Hetzelfde geldt voor de monsters van de diepste laag (100-105 cm). De monsters van kuil nr. 6 (donkerblauwe lijn in alle grafieken) zouden een uitzondering kunnen zijn, gezien de overeenkomstige stijging in N_{min} in de monsters 70-75 en 100-105. Hier zou sprake kunnen zijn van enige mineraliseerbare organische stof op deze grotere dieptes. In perceel 18.1S, bijvoorbeeld, is op 110-125 cm diepte een laagje met hout- of houtskoolresten en een organisch-stofgehalte van 2% aangetroffen.

De onderstaande grafieken tonen de resultaten van het braakveldje in perceel 28.2A2 van Vredepeel. De resultaten van het braakveldje op perceel 28.2A2 vertonen grote overeenkomsten met de monsters van 18.2A2. De variatie in de initiële N_{min} -gehalten is in 28.2A2 kleiner, maar de netto mineralisatie is gelijk aan die van 18.2A2.



Figuur 3.2. Het verloop van N_{min} (kg N/ha) gedurende het incubatie experiment in alle 6 herhalingen, omgerekend naar voorraden in lagen van 30 cm dik (0-30; 30-60; 60-90; 90-120 cm). Perceel 28.2A2 in Vredepeel.

In Meterik zijn de resultaten van 2 percelen, met ieder 3 herhalingen, in één grafiek samengevoegd. Alleen voor de laag 10-15 cm zijn er verschillen tussen perceel 22 en 26 gemeten, voor de overige lagen waren de perceelsverschillen minimaal. De mineralisatie in perceel 22 is iets groter dan in perceel 26. Opvallend is dat de grote variatie in N_{min} op grotere diepte, zoals Vredepeel, in deze monsters helemaal niet voorkomt.



Figuur 3.3. Het verloop van N_{min} (kg N/ha) gedurende het incubatie experiment in alle herhalingen, omgerekend naar voorraden in lagen van 30 cm dik (0-30; 30-60; 60-90; 90-120 cm). Perceel 22 (blauwe lijnen) en 26 (rood-oranje lijnen) in Meterik.

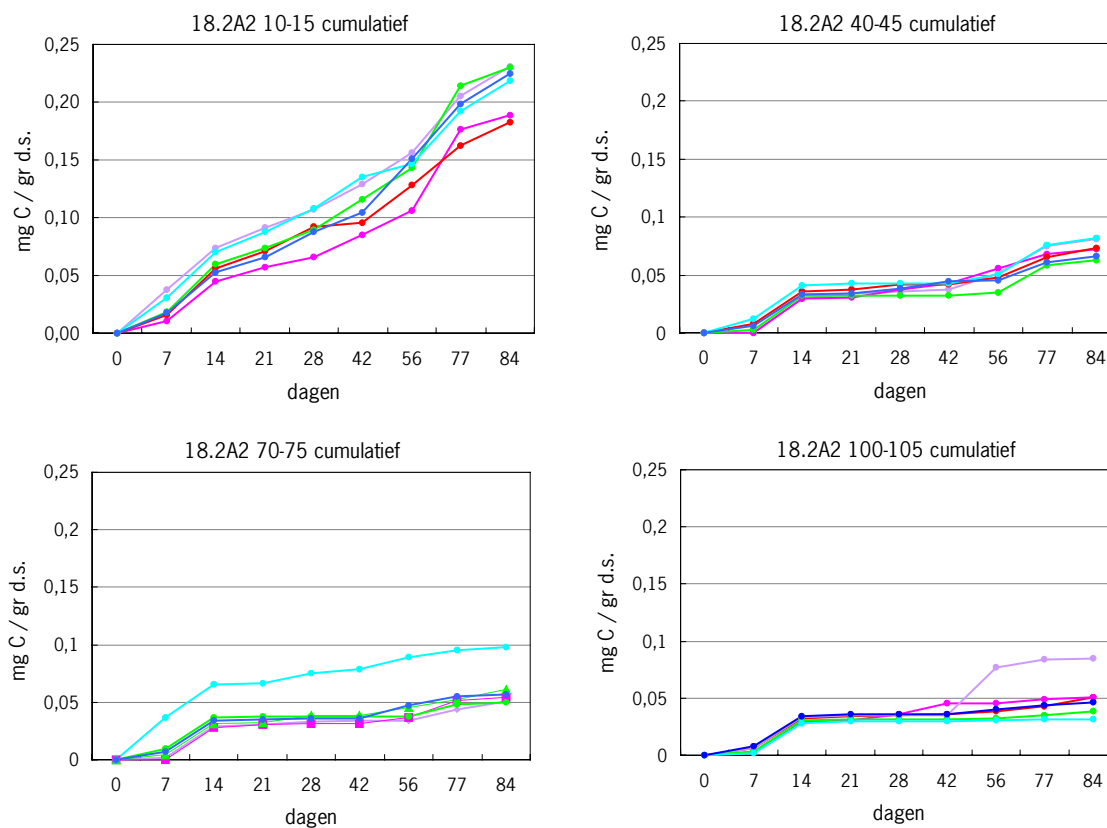
De resultaten, die in bovenstaande grafieken zijn weergegeven kunnen ook worden omgerekend naar snelheden, over de hele periode, of per week. In tabel staan de netto snelheden (kg N/ha/week) van de bovenste twee horizonten (0-30 en 30-60 cm).

Tabel 3.1. Netto mineralisatiesnelheden (kg N/ha/week) in de lagen 0-30 en 30-60 cm (eerste fase).

	0-30		30-60	
	gem	std	gem	std
Vredepeel				
18.2A2	5,57	0,96	0,56	0,29
28.2A2	5,71	1,32	0,39	0,26
Meterik				
22	5,23	0,91	3,02	1,41
26	4,79	0,19	2,57	0,89

3.1.2 CO₂-respiratie

De CO₂-respiratie vertoont, net als de N-mineralisatie opvallend weinig variatie tussen de herhalingen (Figuur 3.4). De hoeveelheid koolstof, die na 12 weken is vrijgekomen neemt onder de bouwvoor flink af. In Figuur 3.4 worden de individuele meetreeksen van perceel 18.2A2 in Vredepeel getoond.



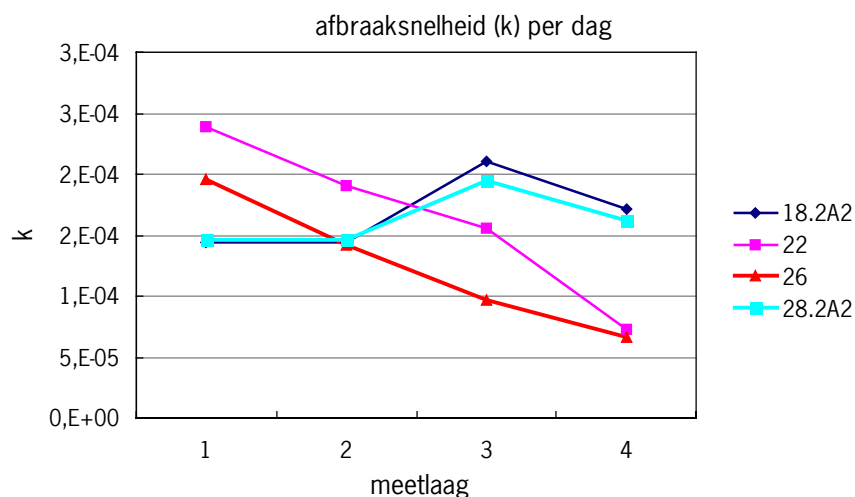
Figuur 3.4. Cumulatieve CO₂-respiratie in mg C/gr droge stof in 6 herhalingen per meetlaag.. Alle monsters komen van perceel 18.2A2 in Vredepeel.

De totale hoeveelheid C, die na 12 weken is vrijgekomen is voor beide percelen in Vredepeel opvallend gelijk. In Meterik is de donkere laag met meer organische stof een stuk dikker dan op Vredepeel en in Tabel 3.2. blijkt dat dit ook duidelijk tot uiting komt in de respiratie. Beide profielen op Meterik hebben in de laag 30-60 een hogere respiratie dan de monsters uit Vredepeel. Op een diepte van 1 meter is het verschil niet meer aanwezig.

Tabel 3.2. De totale gemiddelde CO₂-respiratie na 12 weken (mg C / gr d.s.).

Perceel	10-15 cm	40-45 cm	70-75 cm	95-100 cm
18.2A2	0,21	0,073	0,061	0,05
28.2A2	0,22	0,073	0,057	0,05
22	0,22	0,140	0,100	0,05
26	0,22	0,130	0,077	0,05

Wanneer deze gegevens worden omgerekend naar k-waarden (dag^{-1}) blijkt dat er weinig verschil is tussen de verschillende lagen en tussen de beide percelen op Vredepeel ($k = 1.5 - 2.0 \cdot 10^{-4}$). Op Meterik zijn de perceelsverschillen eveneens gering, maar daalt de afbreekbaarheid van de organische stof met de diepte met een factor 4 tot 5. Door de lage respiratie en het zeer lage organisch-stofgehalte in de onderste horizonten kan de onzekerheid van de k-waarde groot zijn.



Figuur 3.5 Afbraaksnelheid van bodemorganische stof in Vredepeel (18.2A2 en 28.2A2) en Meterik (22 en 26) in vier meetlagen (0-30; 30-60; 60-90; 90-105).

3.2 Tweede fase: potentiële mineralisatie op alle Alterra meetpercelen

De resultaten van de potentiële mineralisatie van de lagen 10-15 cm en 40-45 cm zijn in Tabel 3.3 weergegeven. Om een vergelijking met andere data te kunnen maken zijn de gegevens omgerekend naar een laag van 30 cm dik. De N-mineralisatie varieert in Vredepeel tussen 3 en bijna 6 kg N/ha/week. Op percelen 18.2a2 is de mineralisatie erg laag, in vergelijking met de overige percelen, maar ook in vergelijking met de gegevens van de eerste fase. Op perceel 26.2a2 is de mineralisatie lager dan in het syntheseperceel (26.1), maar op de percelen 27 en 28 is er geen verschil tussen synthese en analyse. Ook in Meterik is er geen verschil in potentiële mineralisatie tussen analyse (21 en 22) en synthesepercelen. Naast de snelheid is ook de k-waarde berekend. In de onderstaande tabel is de k-waarde vermenigvuldigd met 10^4 , om de leesbaarheid te bevorderen.

Tabel 3.3. Netto N-mineralisatie op de intensieve meetpercelen in Vredepeel (boven) en Meterik. Gemeten gedurende 8 weken, weergegeven als snelheid (kg/ha/week) en als k-N(*10⁴) (dag⁻¹). Significante verschillen (gepaarde t-test; p<0.05) tussen de twee lagen zijn aangegeven met een *.

Perceel	kg/ha/wk		k-N (*10000)	
	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm
Vredepeel				
18.1	5,76	0,55 *	1,48	0,38 *
18.2a2	3,05	1,06	0,92	1,09
26.1	5,12	0,25 *	1,78	0,05 *
26.2a2	4,33	0,80 *	1,87	2,74
27.1	4,99	0,98 *	1,44	0,84
27.2a2	5,91	1,50	1,92	0,89
28.1	4,42	0,66 *	1,26	0,75
28.2a2	5,13	1,38 *	1,71	1,18
Meterik				
21	5,54	0,93 *	1,93	0,47 *
22	6,24	0,74 *	2,17	0,32 *
24	8,39	0,71	2,78	0,36
25	4,94	0,84 *	1,38	0,18 *
26	5,99	0,14	2,22	0,07
27	4,41	0,07 *	1,98	0,05 *

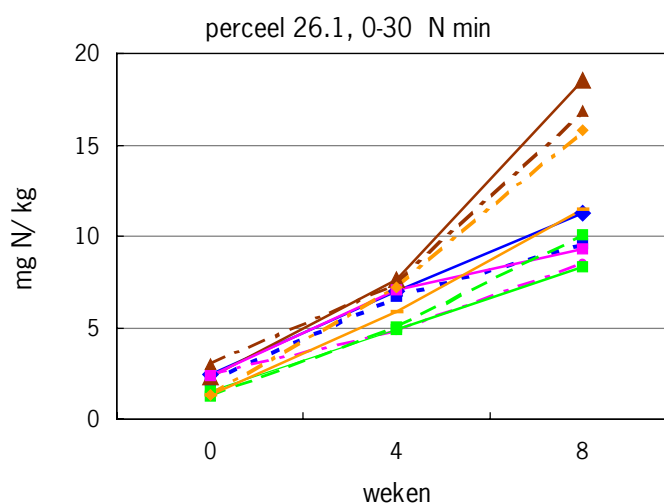
De laag van 30 tot 60 cm in Vredepeel is zeer gevarieerd in organisch-stofgehalte. De grens tussen de bouwvoor en het vrijwel schone zand is zeer onregelmatig. Hierdoor kan er een verschil bestaan tussen de hoeveelheid organische stof in het ringmonster en de hoeveelheid die per laag van 30 cm in een mengmonster is gemeten. Dit komt terug in de grote spreiding in k-waarden in de laag 30-60 cm van de percelen op Vredepeel. De verschillen in k-waarde tussen de lagen 0-30 en 30-60, getoetst met een gepaarde t-test, zijn in Vredepeel slechts twee keer significant, terwijl de netto mineralisatie veel vaker significant verschilt. Dit kan worden verklaard door de variatie in organisch-stofgehalte van de bodem.

Tabel 3.4. *C-respiratie, weergegeven als $k_e(*10^4)(dag^{-1})$. Significante verschillen (gepaarde t-test; $p < 0.1$) tussen de meetlagen zijn aangegeven met een *.*

Perceel	0-30 cm		30-60 cm	
	gemiddeld	stdev	gemiddeld	stdev
18.1	8,2	4,3	7,6	1,9
18.2A2	6,1 *	1,6	11,5	3,6
26.1	10,8 *	5,7	15,0	6,8
26.2A2	4,8	1,1	45,2	26,6
27.1	4,5	2,1	6,2	0,8
27.2A2	4,5	3,5	7,7	5,3
28.1	4,7 *	2,2	8,8	1,1
28.2A2	3,9	1,4	4,8	2,8
21	5,3	1,4	3,4	1,9
22	11,0 *	5,8	4,1	2,7
24	6,3	2,9	5,3	2,6
25	8,2	4,9	11,0	5,1
26	6,1	1,6	6,4	2,9
27	9,2	3,0	10,6	1,5

3.3 Vergelijking verstoord - onverstoord

De verschillen tussen de verstoorde en onverstoorde monsters zijn niet groot, maar meestal ook niet consistent. In het voorbeeld van perceel 26.1 (Figuur 3.6) is duidelijk dat bij enkele van de 5 herhalingen het onverstoorde monster een hogere mineralisatie vertoont dan het verstoorde monster, maar dat het tegenovergestelde ook voorkomt.



Figuur 3.6. *Vergelijking tussen onverstoorde en verstoorde monsters (5 herhalingen). De lijnen met de zelfde kleur representeren monsters uit de zelfde kuil. De doorgetrokken lijnen stellen de onverstoorde monsters voor, de onderbroken lijnen de verstoorde monsters.*

Uit een t-toets (Tabel 3.5) blijkt dat in perceel 26.1 de verschillen tussen verstoord en onverstoord niet significant te zijn, zowel voor de monsters van de bovenste meetlaag als voor die daaronder. In het perceel 25 (Meterik) blijkt dat de verschillen wel significant zijn, maar tegengesteld aan de verwachting. De verstoorde monsters vertonen een lagere mineralisatie dan de onverstoorde monsters. Voor zowel de verstoorde als de onverstoorde monsters geldt dat de verschillen tussen de meetlagen (gepaarde t-test en $p < 0.05$) significant zijn.

Tabel 3.5. Gemiddelde mineralisatie (kg N/ha/wk) in verstoorde en onverstoorde monsters. De p-waarde is het resultaat van een gepaarde t-toets.

	Onverstoord	Verstoord	p-waarde
0-30 cm			
26.1	5,12	5,33	0,76
25	4,94	3,94	0,06
30-60 cm			
26.1	0,25	-0,09	0,11
25	0,84	0,11	0,02

Ook de CO₂-respiratie blijkt niet significant te verschillen tussen de verstoorde en onverstoorde monsters (gegevens niet getoond). Dit geldt voor beide percelen en voor alle twee de meetlagen. Verstoring heeft ook geen effect op de verschillen tussen de meetlagen. In perceel 26.1 zijn de meetlagen significant verschillend van elkaar voor beide behandeling en in perceel 25 zijn de meetlagen in geen van twee behandelingen verschillend.

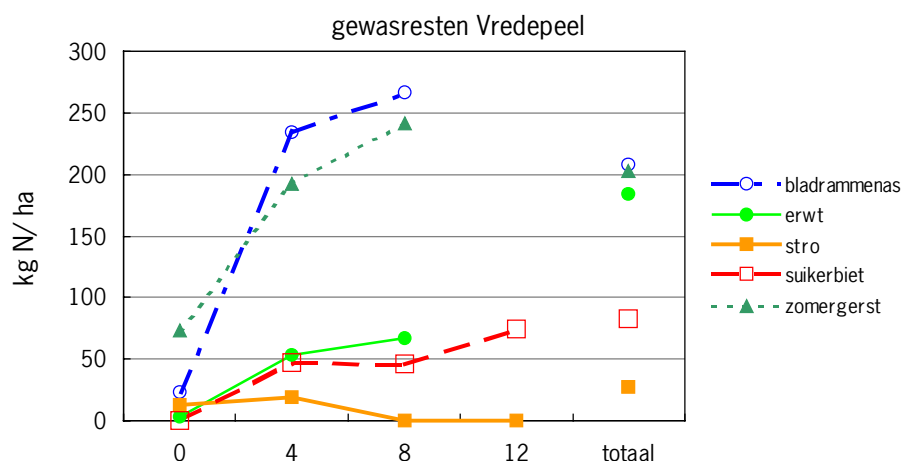
Uit deze resultaten blijkt dat het incuberen van verstoorde monsters niet tot de veronderstelde overschatting leidt en dat voor het vaststellen van een perceelsgemiddelde potentiële mineralisatie een gehomogeniseerd mengmonster van een perceel kan worden gebruikt.

3.4 Gewasresten

De verschillende gewasresten, die op beide bedrijven worden ingewerkt, zijn voor de proef gemengd met bodemmateriaal. De resultaten van de diverse incubatieproeven staan weergegeven in de Figuren 3.7 en 3.8. De resultaten van de bodem-gewasmengsels zijn gecorrigeerd voor de resultaten van de blanco's. Behalve de resultaten van de achtereenvolgende meetmomenten, staan ook de totale hoeveelheden N weergegeven, die met de ingewerkte gewasresten is toegevoegd.

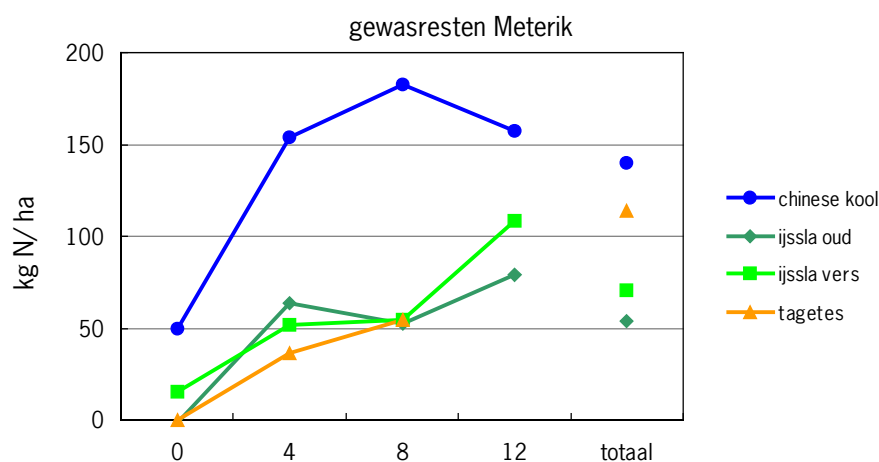
Bij enkele gewassen lijkt de totale hoeveelheid N lager dan de hoeveelheid die in 8 weken is gemineraliseerd. Dit zal deels te maken hebben met (af rondings)fouten in de gewasgegevens en met de nauwkeurigheid waarmee de gewasresten in exacte verhoudingen met bodemmateriaal zijn gemengd. Het resultaat laat in deze gevallen wel zien dat de toegevoegde organische N grotendeels is gemineraliseerd aan het einde van de incubatieperiode.

Als eerste valt op dat met bladrammenas, erwt en zomergerst de grootste hoeveelheden N worden toegevoegd. Echter, alleen bij erwt kwam tijdens de incubatie de stikstof slechts voor een klein gedeelte in minerale vorm beschikbaar. Dit resultaat is verrassend. De hoeveelheden N in het suikerbiet-blad is niet groot, maar kwam in 12 weken wel voor ongeveer 90% vrij. Het inwerken van stro levert slechts een zeer kleine toevoeging van N op. Het verwachte effect van (tijdelijke) immobilisatie komt bij deze meetresultaten niet duidelijk naar voren.



Figuur 3.7. Resultaten van incubatieproef met ingewerkte gewasresten van Vredepeel. De vrijgekomen hoeveelheden per tijdstap en de totale hoeveelheden N die is toegevoegd met de gewasresten. Hoeveelheden mineraal N gecorrigeerd met blanco's.

In Meterik zijn drie soorten gewasrest gebruikt. De ijssla is in twee vormen ingewerkt; direct van het land en na een paar dagen in de koeling. De verschillen hiertussen zijn minimaal. Ook hier blijkt de totale hoeveelheid die is toegevoegd iets lager te zijn dan de hoeveelheid die na 12 weken is vrijgekomen. Dat kan opnieuw een combinatie zijn van afrondingsfouten en de nauwkeurigheid waarmee de gewasresten zijn gemengd met bodemmateriaal. De bladgewassen vertonen een snelle mineralisatie, die ervoor zorgt dat binnen een maand al een groot deel van de totale hoeveelheid stikstof is vrijgekomen. Bij Chinese kool is vlak na het moment van inwerken al een groot deel (ongeveer 30%) van de totale hoeveelheid N in minerale vorm aanwezig. De N-mineralisatie uit Tagetes gaat veel geleidelijker.



Figuur 3.8. Resultaten van incubatieproef met ingewerkte gewasresten van Meterik. De vrijgekomen hoeveelheden per tijdstap en de totale hoeveelheden N die zijn toegevoegd met de gewasresten. De hoeveelheden mineraal N zijn gecorrigeerd met de blanco's (alleen bodemmateriaal).

De CO₂-respiratie van de ingewerkte gewasresten varieert bij de eerste meting (1-2 weken na inzetten) van 2 tot 40 mg C/g_{gewasrest droog.dag}. Stro vertoont de laagste respiratie, gevolgd door suikerbiet, zomergerst, Chinese kool, ijssla, bladrammenas en uiteindelijk erwt met de hoogste respiratie. Na de eerste meting loopt voor alle gewasresten de respiratie snel terug tot een niveau van 5 mg C/g_{gewasrest droog.dag}.

4. Conclusies

De mineralisatie (k-waarde) van de bodemorganische stof kan in de bouwvoor uiteenlopen van $0.9 - 1.9 \cdot 10^{-4}$ in Vredepeel en van $1.4 - 2.8 \cdot 10^{-4}$ in Meterik. In de laag 30-60 cm zijn de verschillen groter; $0.4 - 2.8 \cdot 10^{-4}$ in Vredepeel en $0.05 - 0.5 \cdot 10^{-4}$ in Meterik. Dat betekent dat er bij een aangenomen jaarlijkse temperatuur van 20°C tussen de 200 en 400 kg N/ha vrij zou komen in Vredepeel en tussen de 240 en 470 kg N/ha in Meterik. Bij een wat meer realistische gemiddelde temperatuur van 10°C Uitgaand van een Q_{10} van 2 zou dit betekenen dat bij, een meer realistische, temperatuur van 10°C , de mineralisatie uit de bodem 100 tot 240 kg N/ha/jaar bedraagt.

De hoeveelheid N, die vrijkomt uit gewasresten hangt af van de hoeveelheid N, die met de gewasresten wordt ingewerkt en van de mineraliseerbaarheid. De meeste gewasresten zijn na een incubatie volledig gemineraliseerd. Als deze gewasresten worden ingewerkt gedurende de zomer, wanneer de temperaturen nog hoog zijn, dan zal ook in de veldsituatie de mineralisatie snel en volledig kunnen verlopen. De stikstof komt dan beschikbaar aan het eind van het teeltseizoen en aan het begin van het uitspoelingsseizoen.

5. Referenties

Alef, K., 1995.

Soil respiration (pp 214-219). In: K. Alef & P. Nannipieri (eds) *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, Londen.

Cabrera, M.L. & D.E. Kissel, 1988.

Potentially mineralizable nitrogen in disturbed and undisturbed soil samples. *Soil Science Society of America Journal* 52: 1010-1015.

Langeveld & De Haan.

Resultaten Kernbedrijf Vredepeel 2001. In druk.

Parkin, T.B., J.W. Doran & E. Franco-Vizcaíno, 1996.

Field and Laboratory Tests of Soil respiration. Chapter 14 (pp 231-245) in: *Methods for Assessing Soil Quality*, SSSA Special Publication 49.

Zwart, K.B. & A. Smit, 2001.

Stikstof- en fosfaatverliezen in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Projectplan voor het bodemonderzoek op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik van het project 'Telen met toekomst'.

