

Denitrificatie in de bouwvoor en de ondergrond

Denitrificatie in de bouwvoor en de ondergrond

Resultaten van metingen in 13 profielen tot 2 m diep

K.B. Zwart

Alterra-rapport 724

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2003

REFERAAT

Zwart, K.B., 2003. *Denitrificatie in de bouwvoor en de ondergrond; Resultaten van metingen in 13 profielen tot 2 m diep*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 724. 58 blz. 13 fig.; 3 tab.; 12 ref.

Van een aantal landbouwpercelen is onderzocht hoeveel stikstof in de grond (tot een diepte van 2 m) kan verdwijnen door denitrificatie. In gronden met een hoge denitrificatiecapaciteit is de kans op verontreiniging van het grondwater met nitraat gering. In graslandpercelen is de denitrificatiecapaciteit hoger dan in akkerbouw- of groenteteeltpercelen. Dieper in het bodemprofiel (beneden de 60 cm onder het maaiveld) neemt de denitrificatie in de meeste bodems drastisch af. Alleen bij de aanwezigheid van veenlaagjes kan er nog vrij veel stikstof door denitrificatie verdwijnen. Door de lage denitrificatie capaciteit van de ondergrond is de kans op nitraatuitspoeling in veel van deze bodems groot.

Trefwoorden: Denitrificatie, Nitraatuitspoeling, Grasland, Bouwland, Bovengrond, Ondergrond, Grondwaterkwaliteit

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €18,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 724. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2003 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Inhoud	5
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Wijze van aanpak	13
2.1 Aansluiting bij het huidige onderzoek	15
3 Resultaat en discussie	17
3.1 Profielbeschrijvingen	17
3.2 Bodemsamenstelling	17
3.2.1 Organische stofgehalte	17
3.2.2 N-totaal	18
3.2.3 N-mineraal	20
3.2.4 DOC	22
3.2.5 Fosfaat en kalium	24
3.3 Respiratie	24
3.4 N-mineralisatie	25
3.5 Denitrificatie via de acetyleeninhibitie methode	26
3.6 Denitrificatie via de nitraatafname metingen	27
3.7 Relatie tussen respiratie en potentiële denitrificatie	28
4 Conclusies en aanbevelingen	31
Literatuur	33
<i>Aanhangels</i>	
1 Profielbeschrijvingen	35
2 Beschrijving van de metingen	43
3 Bodemsamenstelling per bedrijf	45
4 Respiratie per bedrijf, mg C per kg grond per dag	53
5 Stikstofmineralisatie, mg N per kg grond per dag	55
6 Potentiële denitrificatie kg N per ha per dag	57

Woord vooraf

De stikstofbalans van Nederlandse landbouwpercelen is niet sluitend. De gemeten aanvoer is hoger dan de gemeten afvoer. In opdracht van het ministerie van LNV heeft Alterra een verkennend onderzoek verricht naar een van de mogelijke oorzaken van dit 'gat': denitrificatie in de bovenste 2 meter van het bodemprofiel. Er zijn reeds vrij veel gegevens bekend over de denitrificatie in de bovenste lagen van het profiel (0-60 cm), maar van de lagen daaronder is veel minder bekend. Om die reden is in dit onderzoek ook de denitrificatie in diepere lagen gemeten. Verder bestaat de mogelijkheid dat met de methode die meestal wordt gebruikt voor het meten van denitrificatie (de acetyleen-inhibitie-methode, A-I-M) slechts een deel van de denitrificatie wordt bepaald, namelijk dat deel dat gerelateerd is aan de afbraak van gemakkelijk afbreekbare organische stof. De incubatie zou te kort kunnen zijn om ook meer resistente organische stof af te kunnen breken. Langdurige incubaties in aanwezigheid van acetyleen remmen de reactie en zijn dus niet mogelijk. Dat probleem is ondervangen door naast de A-I-M ook het verdwijnen van nitraat te meten.

Gerard Velthof wordt hartelijk bedankt voor de stimulerende discussies en veel dank is verschuldigd aan Jaap Nelemans en Willeke van Tintelen van de sectie Bodemkwaliteit van Wageningen Universiteit voor de enthousiaste en zeer adequate wijze waarop zij alle metingen hebben verricht. Matthijs Pleyter wordt hartelijk bedankt voor het steken van de monsters en voor de profiel beschrijvingen.

Samenvatting

Denitrificatie is op twee manieren gemeten in bodemprofielen van Nederlandse weide-, akker- en tuinbouwpercelen. De eerste methode was die welke meestal voor denitrificatiemetingen wordt gebruikt, de acetyleen inhibitie methode (A-I-M). In de tweede methode werd gevolgd hoe snel nitraat verdween tijdens langdurige incubatie van de grond. In beide gevallen was overmaat nitraat aanwezig en werd de grond anaëroob gehouden, zodat de potentiële denitrificatiesnelheid werd gemeten.

Denitrificatie, gemeten met behulp van de A-I-M is betrekkelijk hoog in de bovenste 40 tot 60 cm van de bodem van Nederlandse landbouwpercelen. Uit deze lagen kan maximaal enkele tientallen kilogrammen stikstof per dag verdwijnen, onder de meest gunstige condities: 20 °C, overmaat nitraat en volledige anaërobie. Het mogelijke verlies uit grasland is hoger dan uit akkerbouw of tuinbouwpercelen.

In alle gevallen, op een na, was de denitrificatie in de lagen onder de 80 cm uitermate laag. Maximaal kan daar enkele grammen stikstof per ha per dag verdwijnen. De uitzondering was een bedrijf met rietzeggeveen tot diep in het profiel. Daar kan ook in de onderlaag nog een relatief hoge denitrificatie voorkomen.

Er bestond een redelijk goede relatie tussen deze denitrificatiesnelheid en mineralisatiesnelheid. De relatie met andere bodemparameters was gering.

Er bestond tevens een goede relatie tussen de potentiële denitrificatie en de koolstofmineralisatie gemeten als CO₂-productie (respiratie). Dit mocht ook worden verwacht, aangezien potentiële denitrificatie en respiratie feitelijk dezelfde bodemprocessen zijn, maar met zuurstof (respiratie), respectievelijk nitraat (denitrificatie) als electronenacceptor. De resultaten kunnen worden gebruikt om met behulp van relatief eenvoudige bodemparameters (organischestof gehalte, grondwaterstand) de denitrificatiecapaciteit van de bodem te bepalen.

Denitrificatie, gemeten als het verdwijnen van nitraat in de tijd, is in een deel van elk profiel gemeten. Er bestond een redelijk goede correlatie tussen de A-I-M methode en de methode waarbij de nitraatafname werd bepaald. De A-I-M methode is veel gevoeliger dan de nitraatafname methode en verdient daardoor de voorkeur bij het bepalen van de potentiële denitrificatie.

1 Inleiding

Denitrificatie is het microbiële proces waarbij nitraat wordt omgezet in moleculaire stikstof en N₂O, onder de gelijktijdige afbraak van organische stof onder anaërobe condities. Aangenomen wordt dat er door denitrificatie belangrijke stikstofverliezen in de Nederlandse landbouw optreden. In MINAS is de aanname dat 10-70% van de verliezen het gevolg zijn van denitrificatie, maar die aanname is niet gebaseerd op meetresultaten, maar op berekeningen van N-balansen en stikstofuitspoeling. Duidelijk is dat denitrificatie belangrijke consequenties kan hebben voor de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater. Hoe hoger de denitrificatie, hoe lager de kans op uitspoeling van stikstof naar grond- en oppervlaktewater.

Om die reden is denitrificatie een belangrijk onderdeel in het onderzoek voor een groot aantal landbouwkundige projecten (Sturen op Nitraat, Telen met Toekomst, Koeien en Kansen en de Marke). Voor alle bedrijven die deel uit maken in deze projecten geldt echter dat het nog steeds onduidelijk is hoe groot het aandeel is van de stikstof die uit het systeem verdwijnt door denitrificatie precies is. De metingen die de afgelopen jaren op de Marke zijn verricht laten zien dat in de bovengrond het aandeel van de denitrificatie waarschijnlijk niet erg hoog is (Corré, 1996), maar desondanks wordt verondersteld dat er zelfs op droge gronden nog 30 tot 40 kg N per ha verloren kan gaan door denitrificatie. Ook metingen in de akkerbouw in Zuidwest Nederland lieten een betrekkelijk gering aandeel van de denitrificatie zien (Postma & Van Loon, 1996, Rappoldt et al, 1995). Door deze lage gemeten denitrificatiecijfers zit er nog steeds een aanzienlijk onverklaard gat in de stikstofbalans van veel bedrijven, en bovendien is er een discrepantie tussen de metingen en de berekeningen volgens MINAS.

De meeste stikstofbalansen die worden gemaakt voor grasland en bouwland zijn dus niet sluitend. Bijna altijd overtreft de aanvoer de afvoer. De twee posten van de balans die moeilijk te kwantificeren zijn, worden gevormd door denitrificatie en vastlegging van stikstof in de organische stofvoorraad van de bodem. Vaak wordt verondersteld dat met name deze posten verantwoordelijk zijn voor het 'gat' in de balans. Omdat langdurige of permanente vastlegging van stikstof in organische stof uiteindelijk zou moeten leiden tot een verhoging van het organische stofgehalte van de bodem en dit in Nederland nauwelijks tot niet het geval is lijkt denitrificatie toch een belangrijke verliespost te zijn. De vraag is dus, waarom dat met de huidige metingen niet wordt vastgesteld. Daarbij is het niet onmogelijk dat eventuele fouten in de andere posten van de balans (N-opname en N-uitspoeling) in de schatting van de denitrificatie zitten verweven, maar in dat geval blijft het vreemd dat de balans altijd dezelfde kant uitslaat: aanvoer > afvoer. Echter, als uit alle metingen blijkt dat het aandeel van de denitrificatie in de stikstofverliezen gering is kan uiteindelijk moeten worden geconcludeerd dat de uitspoeling in een aantal gevallen hoger is dan tot dusver wordt verondersteld.

Naast deze methodologische problemen kan een mogelijke oorzaak voor het gat tussen berekeningen en metingen ook kan zijn dat de huidige metingen meestal alleen betrekking hebben op:

1. de bovenste laag van de bodem
2. korte incubatieperioden

ad 1. De meeste metingen die tot dusver in Nederland zijn uitgevoerd hadden betrekking op de bovenste laag van de bodem (0-30 cm). Het is dus niet duidelijk of en zo ja hoeveel stikstof er nog verdwijnt via denitrificatie in de diepere bodemlagen, vooral wanneer die met water verzadigd zijn.

ad 2. In de huidige metingen wordt gebruik gemaakt van de methode waarbij de laatste stap in het denitrificatieproces wordt geremd met behulp van acetyleen, waarna de gevormde N_2O wordt gemeten als maat voor de denitrificatie. Daarbij wordt in het algemeen van korte incubatieperiodes gebruik gemaakt (enkele uren tot een dag). In die korte periodes wordt wellicht alleen het aandeel van de fractie gemakkelijk afbreekbare organische stof in de denitrificatie meegenomen, terwijl in de meeste bodems het aandeel van deze fractie gering is, zeker in de diepere lagen van de bodem. Voor een meetbare afbraak van de meer resistente organischestof is een langere incubatieperiode noodzakelijk. Het aandeel van de moeilijker afbreekbare organische stof in de denitrificatie komt dus mogelijk niet tot uiting bij de korte incubatieperiodes die bij A-I-M worden gehanteerd. Langdurige incubatieperioden in aanwezigheid van acetyleen remmen het denitrificatieproces en zijn dus niet mogelijk. Dat probleem is omzeild door het verdwijnen van nitraat te volgen gedurende langdurige incubaties onder anaerobe omstandigheden.

Het is dus van belangrijk om nader te onderzoeken of er denitrificatie in de diepere lagen van landbouwpercelen optreedt en zo ja hoe groot dat aandeel is. Daarnaast lijkt het van belang om te onderzoeken of er 'langzame' denitrificatie (denitrificatie onder invloed van resistente organische stof) optreedt en zo ja, hoe groot dat aandeel is. Verder zijn de verschillen tussen grasland en bouwland van belang en is het aantrekkelijk om te onderzoeken of er eenvoudige bodemparameters te vinden zijn waarmee de 'denitrificatiecapaciteit' kan worden bepaald. De denitrificatiecapaciteit is dan die hoeveelheid nitraat-stikstof die per jaar kan verdwijnen door denitrificatie onder realistische omstandigheden.

Uit het onderzoek blijkt of verwacht mag worden dat er in de diepere lagen van de bodem denitrificatie kan optreden. In die lagen waar de nu gemeten potentiële denitrificatie laag is, zal ook de werkelijke denitrificatie laag zijn. Daar waar de potentiële denitrificatie hoog is bepalen heersende nitraatgehalte en de mate waarin anaerobie optreedt hoe hoog de werkelijke denitrificatie zal zijn. Een lage denitrificatie zou een goede verklaring kunnen zijn van de hoge nitraatgehalten die op verschillende plaatsen onder landbouwpercelen in grondwater worden gevonden.

2 Wijze van aanpak

Er is een selectie gemaakt van 12 (praktijk- en proef-) bedrijven binnen de projecten Telen met Toekomst en Koeien en Kansen (TmT en K&K). Daarnaast zijn twee percelen van het proefbedrijf De Marke geselecteerd. Getracht is om zoveel mogelijk bedrijven te selecteren die ook reeds meedraaien in het project Sturen op Nitraat, om op die manier gebruik te kunnen maken van de bodemgegevens die reeds in dat project zijn verzameld. De selectie heeft plaatsgevonden in overleg met de projectleiding van TmT en K&K. Verdere selectiecriteria waren een zekere verspreiding over het land, verschillende grondsoorten en grondwatertrappen en binnen TMT van akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. De geselecteerde bedrijven staan vermeld in Tabel 1. De percelen van de veehouderijbedrijven waren in alle gevallen graslandpercelen. Door het geringe aantal geselecteerde percelen kan slechts zeer ten dele aan alle criteria worden voldaan.

Tabel 1. Geselecteerde bedrijven voor het meten van denitrificatie tot op 2 m onder het maaiveld. Voor details grondsoort zie Aanhangsel 1

Bedrijf	Grondsoort	Lokatie	Bedrijfstype	Gt	Ook deelnemer van
1	Veldpodzol	Klijndijk	Akkerbouw	VIIIId	TmT; SoN
2	Leemarme veldpodzol	Vredepeel	Akkerbouw	VIIIId/VIIId	TmT; SoN
3	Vorstvaaggrond	Alphen	Akkerbouw	VIIIId	TmT; SoN
4	Leemarme bruine enkeerdgrond	Horst	Tuinbouw	VIIIId	TmT; SoN
5	Bruine bekeerdgrond	Beek en Donk	Tuinbouw	VIo	TmT; SoN
6	Weideveengrond op klei	Haskerdijken	Veehouderij	IIB	K&K; SoN
7	Moerpodzol	Nieuweroord	Veehouderij	Vbd	K&K; SoN
8	Veldpodzol	Hengelo (G)	Veehouderij	VIo en VIIIId	K&K; SoN
9	Bruine enkeerdgrond	Nutter	Veehouderij	VIIIId	K&K; SoN
10	Zwarte bekeerdgrond	Alphen (NB)	Veehouderij	VIII	K&K; SoN
11	Meerveengrond	IJsselstein (L)	Veehouderij	IV	K&K; SoN
12	Löss	Cadier en Keer	Veehouderij	VIIIId	K&K; SoN

Van deze percelen zijn, nadat de betreffende telers om toestemming was gevraagd, die in alle gevallen werd gegeven, laagsgewijs grondmonsters van 20 cm gestoken tot een diepte van 200 cm, zodat er tien monsters per perceel werden verzameld. Het budget liet geen herhaalde bemonsteringen toe. De bemonstering vond plaats in de periode 15 - 30 november 2001. In deze monsters zijn de volgende bepalingen uitgevoerd:

Gehaltes aan

- a. Totaal stikstof (N) Nitraat-N, NH₄-N, fosfaat (P), kalium (K) en opgelost koolstof (DOC) en stikstof (DON in 0,01M CaCl₂ extracten van monsters die bij 40 °C waren gedroogd (Groot & Houba, 1995, Houba *et al.* 2000)
- b. Totaal en anorganische koolstof (C), en totaal N (Houba *et al.*, 1997)

Hieruit is berekend het gehalte aan:

Mineraal stikstof (N-min) uit de som van nitraat-N en ammonium-N in CaCl₂ extracten

Totaal organisch N (Totaal N minus N-min)

Alle gehalten zijn uitgedrukt in mg per kg drogestof of van daaruit omgerekend naar kg per ha door rekening te houden met de laagdikte en het berekende volumegewicht. Het volumegewicht is berekend met behulp van het organische stofgehalte volgens een relatie die is gevonden voor Veenkoloniale dalgronden (Anonymus, 1983).

Verder zijn aan de monsters de volgende metingen verricht

- a) Potentiële mineralisatie van N (Hassink (1995, Velthof *et al.* 2001)
- b) Potentiële mineralisatie van C (respiratiesnelheid, Velthof *et al.* 2001)
- c) de potentiële denitrificatie (anaëroob, in aanwezigheid van overmaat nitraat, bij het heersende organische stofgehalte), met de acetyleen-inhibitie-methode (Yoshinari *et al.* 1977, Velthof *et al.*, 2001)
- d) de potentiële denitrificatie (anaëroob, in aanwezigheid van overmaat nitraat, bij het heersende organische stofgehalte), door monsters te verzadigen met een nitraatoplossing en ze anaëroob te maken met behulp van stikstofgas. De afname in de nitraatconcentratie werd vervolgens gedurende 8 weken gevolgd.

Meer details van de metingen zijn opgenomen in Aanhangsel 2.

Het resultaat van meting c wijst uit of en zo ja hoe omvangrijk de denitrificatie is als gevolg van de gemakkelijk afbreekbare organische stof in diepere lagen. Meting d wijst uit of de verblijfstijd in combinatie met de afbraak van meer resistente organische stof aanleiding kan geven tot meer denitrificatie. Uit voorlopige metingen ontstond de indruk dat er tijdens langdurige incubaties meer nitraat verdween door denitrificatie dan tijdens de incubaties met acetyleen. Om die reden is meting c uitgevoerd bij alle profielen in de lagen 0-20; 60-80; 100-120; 140-160 en 180-200 cm minus maaiveld. Een hoge denitrificatie gemeten volgens c of d betekent niet automatisch ook een hoge denitrificatie in werkelijkheid. Daarvoor zijn de lokale omstandigheden van aerobie en nitraatgehalte bepalend. Een (zeer) lage denitrificatie volgens c of d betekent echter ook in werkelijkheid een zeer lage denitrificatie.

De meting van de mineralisatiesnelheid worden gebruikt om uit te zoeken of er een verband bestaat tussen mineralisatie en denitrificatie.

De verkregen dataset is zeer fragmentarisch, maar zal desondanks worden gebruikt om te onderzoeken of er in verbanden bestaan tussen denitrificatiesnelheden, bedrijfstype, bodemsoort en grondwatertrap. Door het fragmentarische karakter van

de dataset zullen uitspraken over mogelijke verbanden eerder kwalitatief dan kwantitatief zijn.

2.1 Aansluiting bij het huidige onderzoek

Binnen Koeien en Kansen en De Marke wordt op dit moment geen onderzoek naar denitrificatie verricht. In het project Telen met Toekomst wordt denitrificatieonderzoek verricht op de kernbedrijven Vredepeel en Meterik. Dat onderzoek richt zich met name op het effect van vocht en dat van gewasresten op de denitrificatie.

De monsters zijn geanalyseerd op de sectie Bodemkwaliteit van de Wageningen Universiteit, waarbij dezelfde methoden werden gebruikt als voor het project Sturen op Nitraat (Smit, 2003).

3 Resultaat en discussie

Achtereenvolgens zullen de volgende resultaten worden beschreven:

1. Profielbeschrijvingen
2. Bodemsamenstelling
3. Respiratie
4. N-mineralisatie
5. denitrificatie via de acetyleeninhibitie methode
6. denitrificatie via de nitraatmetingen

3.1 Profielbeschrijvingen

Bij het steken van de profielen is een profielbeschrijving gemaakt. Deze is opgenomen in Aanhangsel 1.

3.2 Bodemsamenstelling

De samenstelling van de bodem per laag van 20 cm is voor elk bedrijf afzonderlijk weergegeven in de figuren van aanhangsel 3. Hier worden de gemiddelden per bedrijfssysteem gegeven, waarbij de cijfers van akkerbouw en vollegrondsgroente zijn samengevoegd tot rotatieteelt, omdat bleek dat de onderlinge verschillen niet erg groot waren. Verder is een van de melkveehouderijbedrijven (bedrijf 6) buiten de hier gebruikte gemiddelden gelaten, omdat dat bedrijf qua bodemtype in zeer sterke mate afweek van de overige bedrijven. De eigenschappen van dat bedrijf zullen steeds afzonderlijk worden genoemd. De gehalten zijn weergegeven als g of mg per kg droge grond.

3.2.1 Organische stofgehalte

Het gemiddelde organische stof staat weergegeven in Figuur 1 als g C per kg grond. Het organische stofgehalte daalt geleidelijk met het profiel. Het gehalte in de melkveehouderij bedrijven is voor alle lagen hoger dan voor de overige bedrijven. Het organische stofgehalte van bedrijf 6 staat als inzet in Figuur 1. Het perceel van dit bedrijf heeft een klei op veen profiel, waardoor zeer hoge organische stofgehalten diep in het profiel voorkomen.

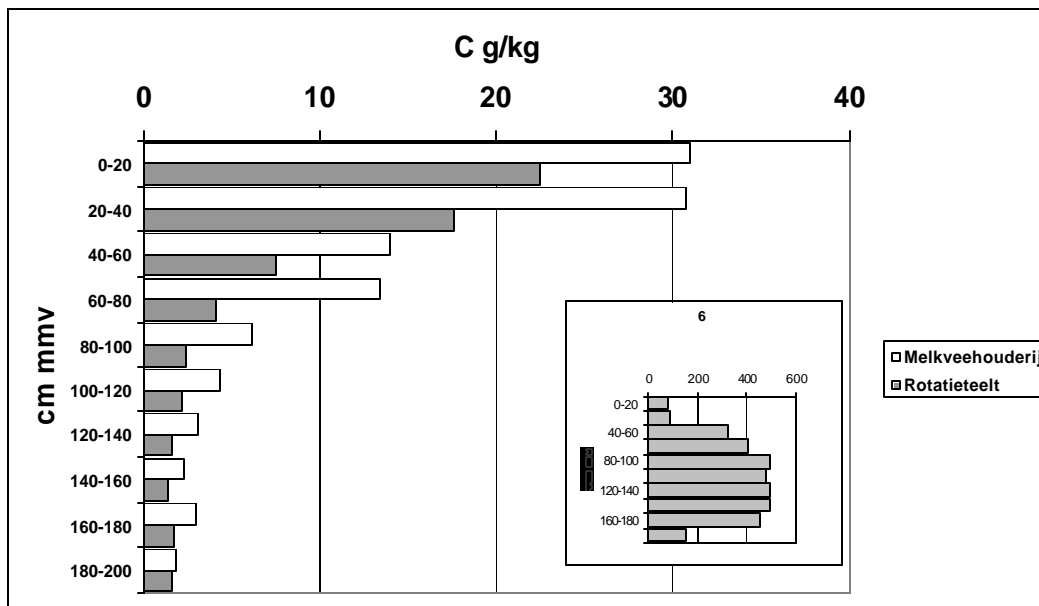


Fig. 1 Organischestof gehalte in het bodemprofiel (mg C per kg grond), gemiddelde van de melkveehouderijbedrijven (behalve bedrijf 6, inzet) en akkerbouw- en groenteteeltbedrijven (rotatieteelt)

3.2.2 N-totaal

Het gemiddelde N-totaal gehalte staat in Figuur 2 als g per kg grond. Het totaal N gehalte van de bodem verloopt op een vergelijkbare manier als het organische stofgehalte. De gegevens van bedrijf 6 staan als inzet in Figuur 2. De correlatie (alle bedrijven) tussen N-totaal en het gehalte aan organische stof is hoog met een % verklaarde variantie ($R^2 \times 100$) van ruim 96 (Figuur 3). Het gemiddelde C/N quotiënt bedraagt ongeveer 20.

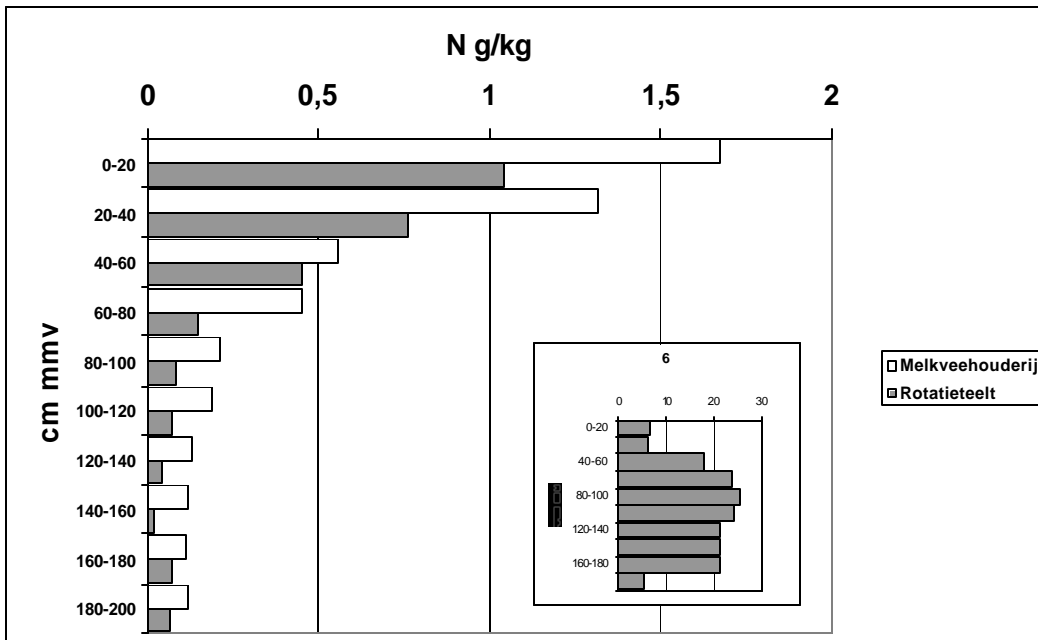


Fig. 2 Totaal stikstofgehalte in het bodemprofiel (mg N per kg grond), gemiddelde van de melkveehouderijbedrijven (behalve bedrijf 6, inzet) en akkerbouw- en groenteteeltbedrijven (rotatieteelt)

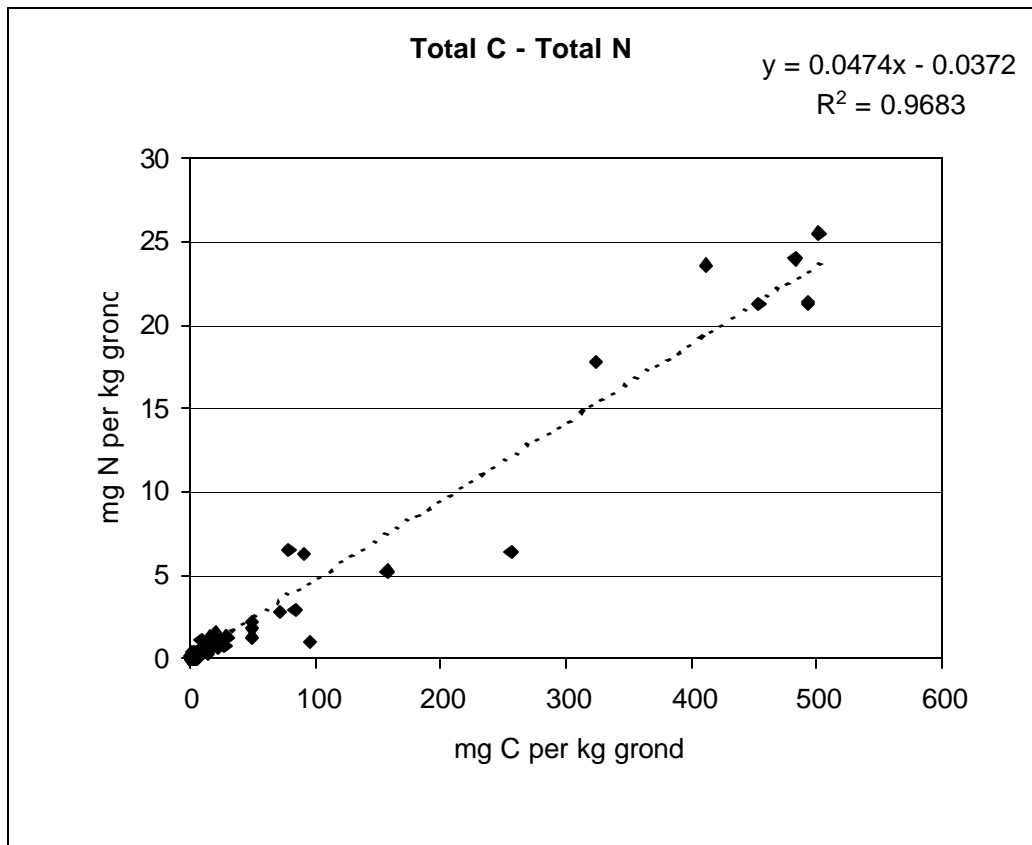


Fig. 3 Correlatie tussen het gehalte aan organische stof en het totaal stikstofgehalte

3.2.3 N-mineraal

Het gemiddelde N-mineraal gehalte ten tijde van het bemonsteringstijdstip, november 20001, staat in figuur 4A en dat van bedrijf 6 in figuur 4B. Het N-mineraal gehalte van beide bedrijfstypen daalt eerst maar stijgt weer op grotere dieptes. Vooral bij de melkveehouderij neemt het N-mineraal gehalte op grotere diepte vrij sterk toe, maar dat kan grotendeels worden toegeschreven aan twee bedrijven, bedrijf 7 en 11 (Figuur 4C enD). Omdat onderzoek naar de denitrificatie sterk is ingegeven door de uitspoeling van minerale stikstof en met name nitraat wordt aan het N-min gehalte wat uitgebreidere aandacht geschonken. Wanneer het N-min gehalte wordt opgesplitst naar ammonium-N en nitraat-N ontstaat een ander beeld. (Figuur 5A en 5B).

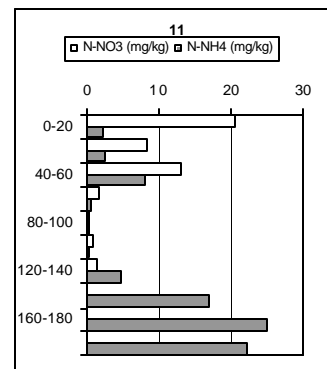
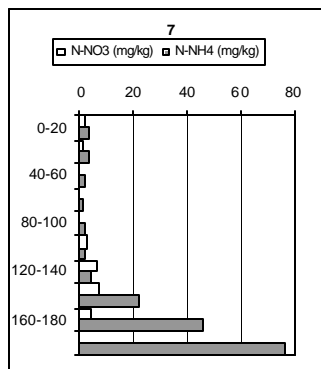
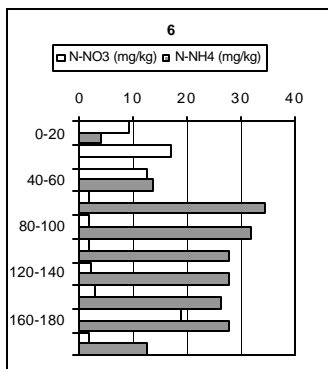
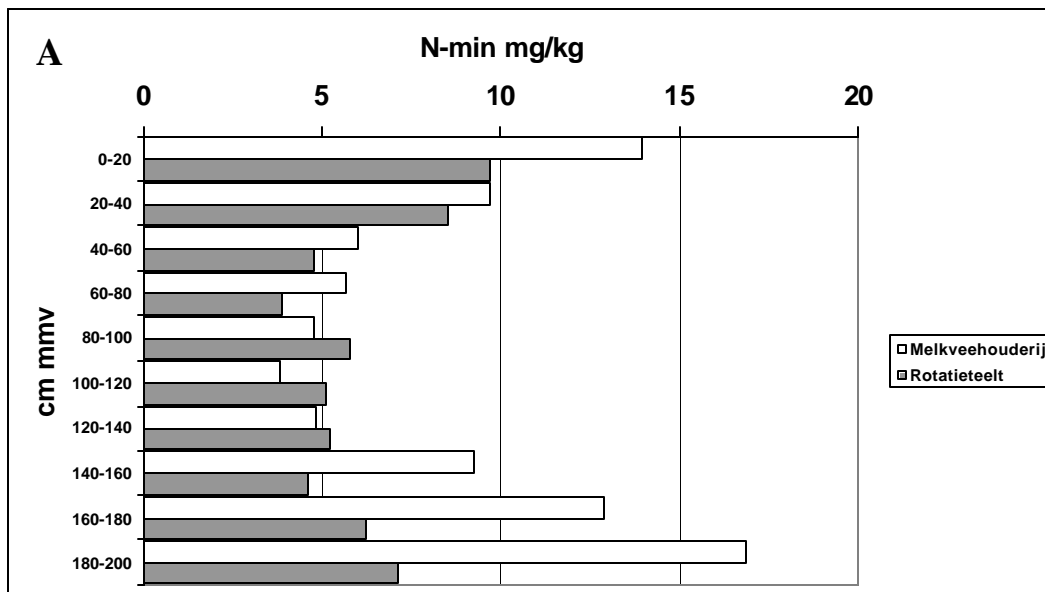


Fig. 4 Minerale stikstofgehalten in het bodemprofiel (mg N per kg grond), gemiddelde (4A) De hoge gehalten van de melkveebedrijven worden vooral door drie bedrijven veroorzaakt(4 B-D)

NH₄-N

Het ammoniumgehalte van de melkveehouderijen is vrij laag in de bovengrond, maar het gemiddelde stijgt sterk in de ondergrond (Figuur 5). Deze stijging wordt volledig veroorzaakt door twee bedrijven (7 en 11, Fig 4C en 4D). Ook bij bedrijf 6 (Fig 4B) stijgt het ammonium gehalte sterk in de ondergrond. Bij dit laatste bedrijf is dat verklaarbaar door de aanwezigheid van eutroof (nutriëntrijk) veen in de ondergrond. Dat is niet het geval bij de bedrijven 7 en 11. Deze worden beide gekarakteriseerd door een veenkoloniaal dek in de bovengrond en een zeer leemrijke ondergrond. In bedrijf 7 bevindt zich in de laag 140-200 cm mmv ruim 300 kg stikstof in de vorm van ammonium! Op dit moment is er nog geen goede verklaring gevonden voor het hoge ammoniumgehalte. Wel is duidelijk dat ammonium aan de leemrijke laag kan adsorberen. Onduidelijk is echter of de ammonium zich heeft opgehoopt doordat het uit de bovengrond is ingespoeld of als gevolg van laterale stroming in de ondergrond. Tenslotte moet worden opgemerkt dat de extractie met 0.01M CaCl₂ niet in staat is om alle ammonium uit de grond in oplossing te brengen. Het is daarom zeer waarschijnlijk dat het werkelijke ammoniumgehalte op deze plaatsen nog hoger is. Voor de ammoniumgehalten van de overige melkveehouderijbedrijven geldt dat die zeer laag zijn in de ondergrond. (Aanhangsel 3.2)

Het ammoniumgehalte bij de rotatiebedrijven is laag in alle bodemlagen.

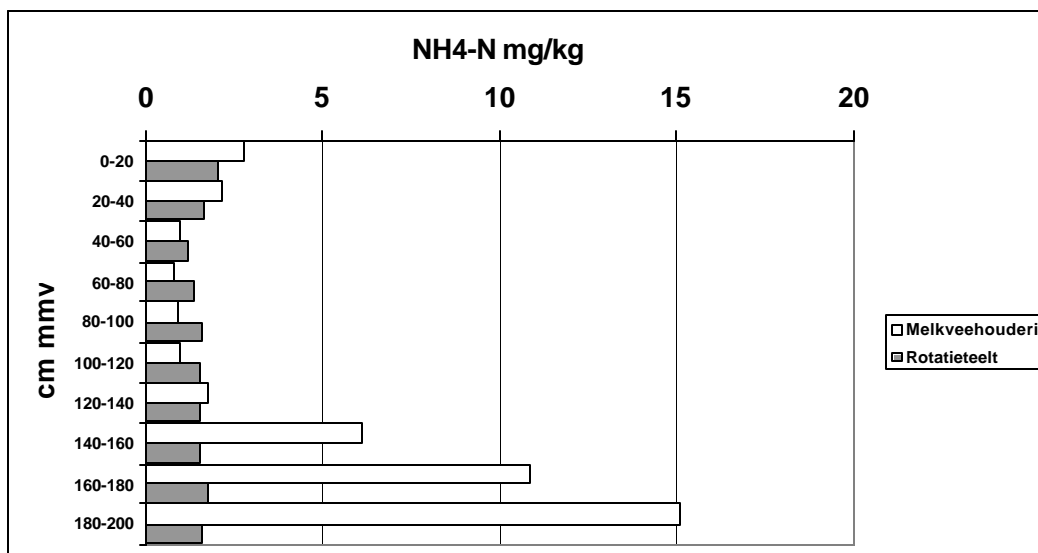


Fig. 5 Ammonium stikstofgehalte in het bodemprofiel (mg N per kg grond), gemiddelde van de melkveehouderijbedrijven en akkerbouw- en groenteteeltbedrijven (rotatieteelt)

NO₃-N

Het gemiddelde nitraatgehalte is ongeveer 2 keer zo hoog als het ammoniumgehalte (Figuur 6) en daalt licht op grotere dieptes bij de melkveehouderijbedrijven. De verschillen tussen bedrijven (zowel melkveehouderij als de andere) zijn echter zeer groot. (Zie Aanhangsel 3.2)

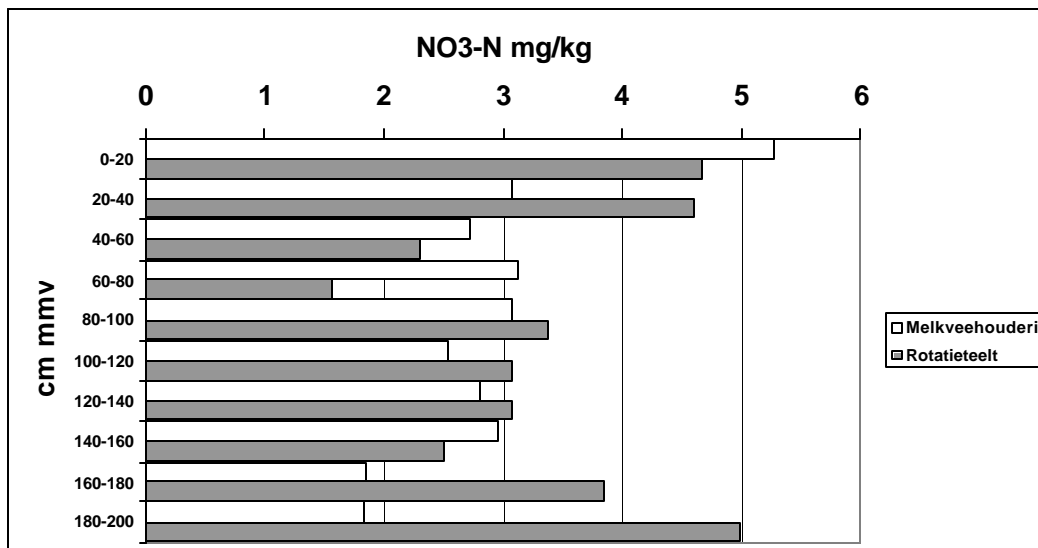


Fig. 6 Nitraat stikstofgehalte in het bodemprofiel (mg N per kg grond), gemiddelde van de melkveehouderijbedrijven en akkerbouw- en groenteteeltbedrijven (rotatieteelt)

3.2.4 DOC

Het oplosbare organische koolstofgehalte (DOC, oplosbaar in 0.01M CaCl₂) staat weergegeven in figuur 7A en 7B. In de bovenlaag is het gemiddelde gehalte bij veehouderijbedrijven ca 2 keer zo hoog als bij de andere bedrijven. In de ondergrond daalt het gehalte en verdwijnen de verschillen. Er bestaat ook een redelijk verband tussen DOC en het organische stofgehalte (Figuur 8), maar het verband is minder goed dan voor totaal N ($R^2 = 81\%$). Slechts een zeer klein deel (1/2000 e) van de totale hoeveelheid koolstof is oplosbaar.

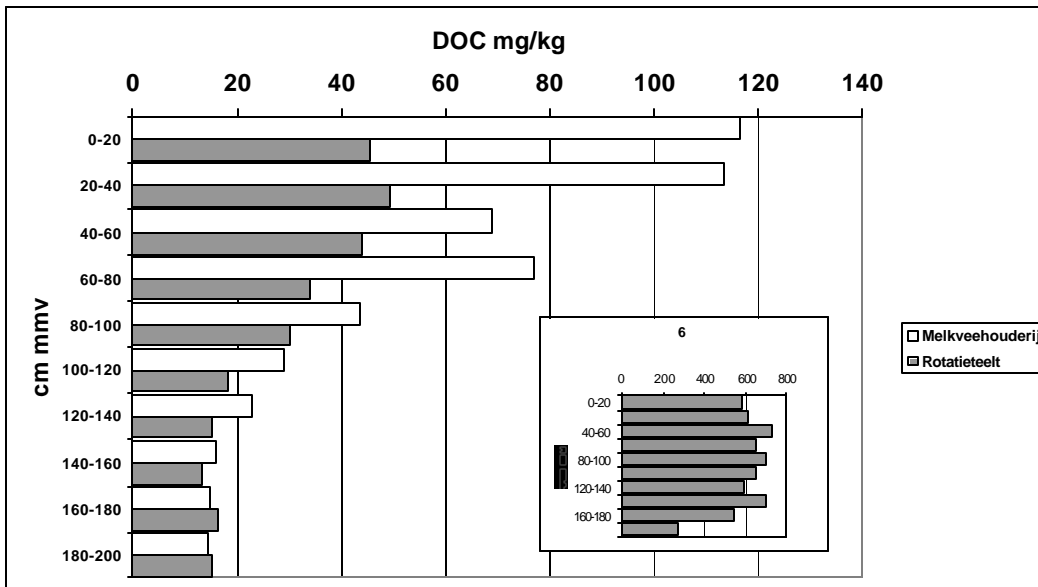


Fig. 7 Oplosbaar organisch C-gehalte (DOC) in het bodemprofiel (mg C per kg grond), gemiddelde van de melkveehouderijbedrijven (behalve bedrijf 6, inzet) en akkerbouw- en groenteteeltbedrijven (rotatieteelt)

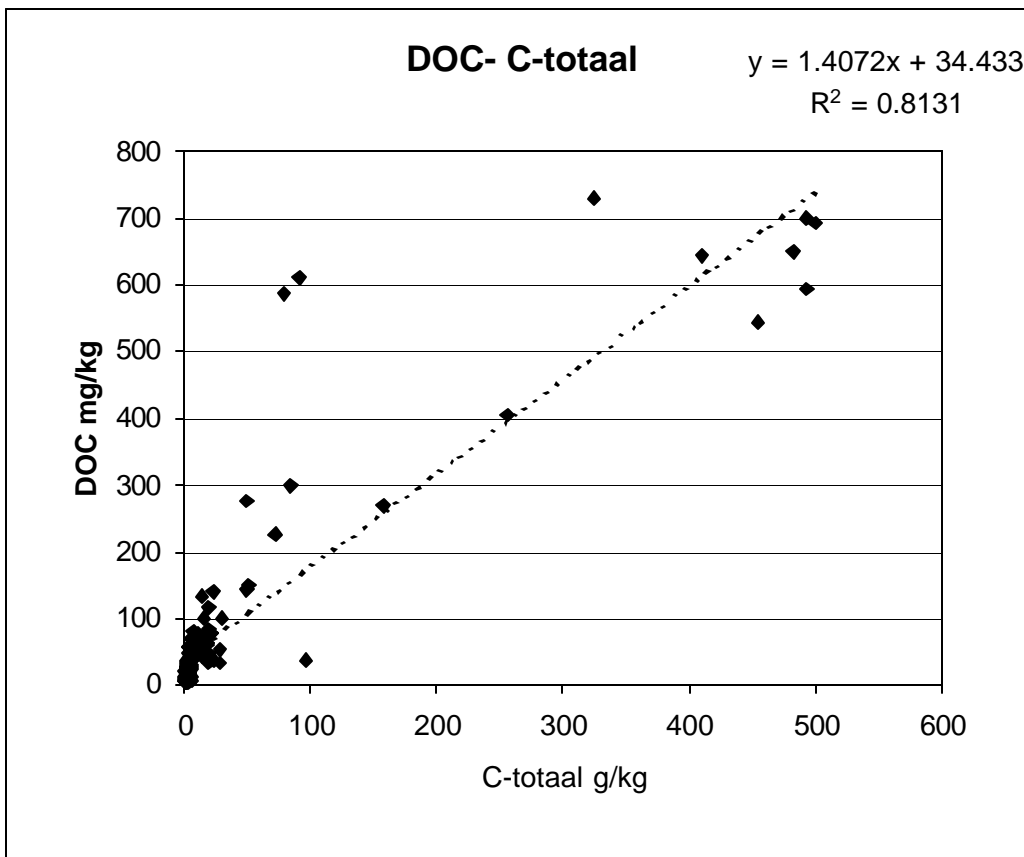


Fig. 8 Correlatie tussen het gehalte aan organische stof (g/kg) en het oplosbare C-gehalte (mg/kg)

3.2.5 Fosfaat en kalium

De gehalten aan fosfaat en kalium zijn weergegeven in aanhangsel 3.5 en 3.6. Ze worden hier verder niet behandeld.

3.3 Respiratie

De respiratie gemiddeld voor alle bedrijven inclusief bedrijf 6 (kg C per ha per dag) staat weergegeven in Figuur 9. De respiratie is het hoogst in de bovengrond en daalt vrij snel in de ondergrond. Onder de 80 cm blijft de activiteit constant. De respiratie

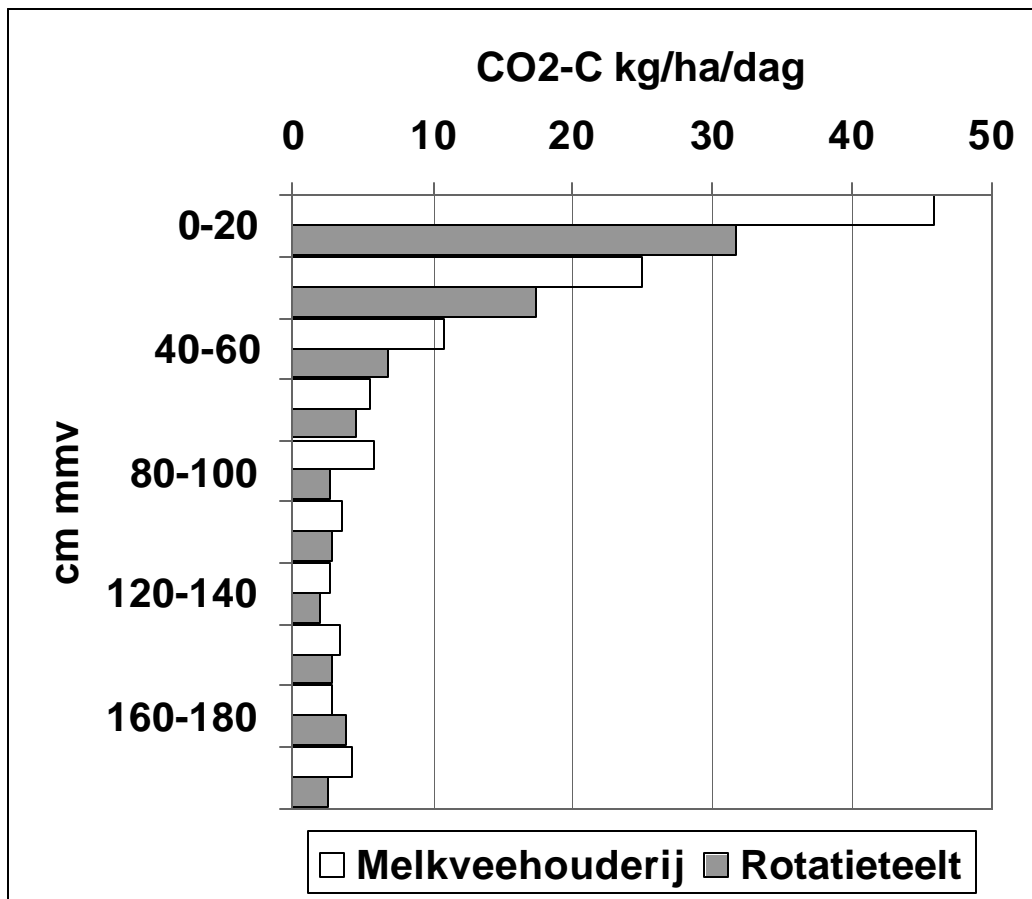


Fig. 9 Respiratie in het bodemprofiel (kg C per ha per dag), gemiddelde van de melkveehouderijbedrijven en akkerbouw- en groenteteeltbedrijven (rotatieteelt)

op melkveehouderijen is ca 2 keer zo hoog als op de overige bedrijven. De respiratie voor elk bedrijf apart is opgenomen in Aanhangsel 4

3.4 N-mineralisatie

De N-mineralisatie (mg N per kg grond per dag) is weergegeven in Figuur 10. Het patroon over de diepte en de verschillen tussen de bedrijfstypen zijn sterk vergelijkbaar met die van de respiratie.

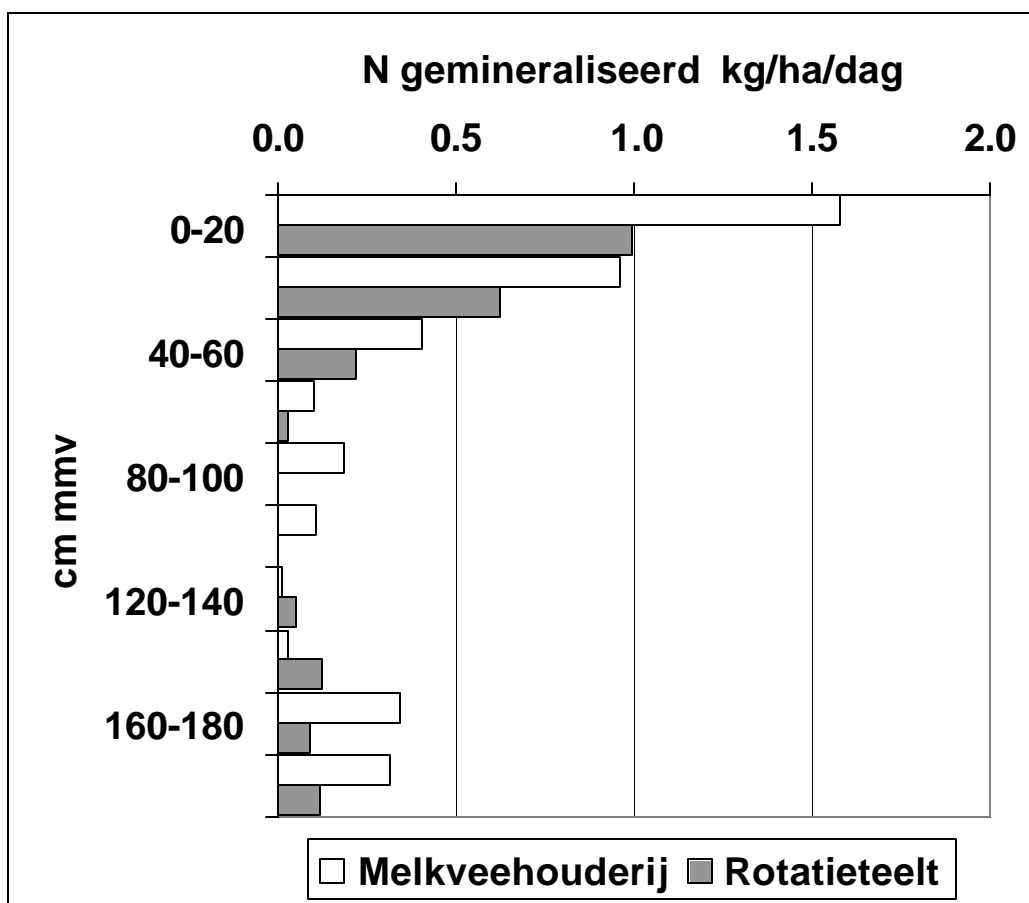


Fig. 10 Stikstofmineralisatie in het bodemprofiel (mg N per kg grond per dag), gemiddelde van de melkveehouderijbedrijven en akkerbouw- en groenteteeltbedrijven (rotatieteelt)

De mineralisatie uitgedrukt in kg per ha per dag voor de bodem laag tot en met 60 cm staat in Tabel 2. De snelheid bij de melkveehouderijen is ca 1,5 keer hoger dan bij de overige bedrijven.

Tabel 2 N-mineralisatie in de bovengrond (0-60 cm) in kg per ha per dag

	Rotatieteelt	Melkveehouderij
0-20	0,998	1,581
20-40	0,624	0,963
40-60	0,217	0,386

De N-mineralisatie voor elk bedrijf apart is opgenomen in Aanhangsel 5.

3.5 Denitrificatie via de acetyleeninhibitiemethode

De potentiële denitrificatie (kg N per dag) is per bodemlaag per bedrijfstype weergegeven in figuur 11. De denitrificatie voor elk bedrijf apart is opgenomen in Aanhangsel 6

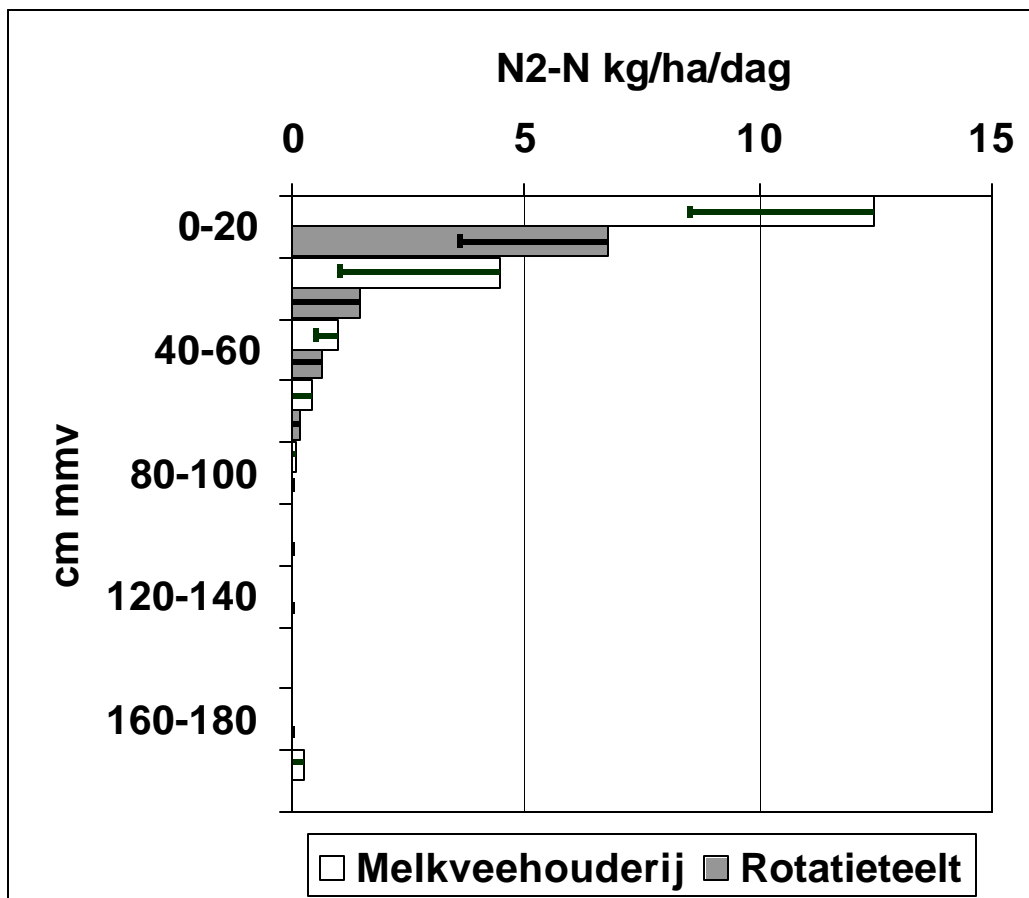


Fig. 11 Potentiële denitrificatie in het bodemprofiel (kg N per ha per dag), gemiddelde van de melkveehouderijbedrijven en akkerbouw- en groenteteeltbedrijven (rotatieteelt); de balk in elke staaf geeft de standaarddeviatie weer

De hoogste denitrificatiecapaciteit wordt gevonden in de bovenlaag van de bodem. Bij de melkveehouders is de denitrificatiecapaciteit hoger dan bij de akkerbouwers en groentetelers.

Beneden de 80 cm neemt de capaciteit zeer sterk af op de meeste locaties. Alleen bij veehouderijbedrijven en waarin de diepere lagen een hoog gehalte aan organische stof voorkomt is ook de denitrificatiecapaciteit hoog (meer dan 2 kg N per ha per dag). Maar overal elders, dus ook op plaatsen met een hoge grondwaterstand is de denitrificatiecapaciteit laag. Met andere woorden, op de meeste geselecteerde locaties is de kans gering dat denitrificatie optreedt in de ondergrond. De betekenis van de cijfers laat zich wellicht goed bepalen indien wordt berekend hoe lang het duurt voordat bijvoorbeeld 60 kg nitraat-N is verdwenen door denitrificatie uit de laag tussen 60 en 200 cm. Voor de melkveehouderij duurt dat bij (20 °C) ruim een jaar en

bij de andere teelten bijna 3,5 jaar. Bij meer realistische bodemtemperaturen (10 °C op deze diepten) duurt het 2-3 keer zo lang. Indien ook nog rekening wordt gehouden met meer realistische nitraatconcentraties, neemt de snelheid nog veel sterker af. Het gemiddelde nitraatgehalte kwam nergens boven de 5 mg per kg grond (Fig. 6). Volgens Hénault & Germon (2000) is de denitrificatiesnelheid bij deze concentratie nog maar een vijfde deel van de maximumsnelheid bij 200 mg per kg. Met andere woorden: onder volledig anaerobe condities duurt het bij de melkveehouderijen ca 15 jaar om 60 kg nitraat te laten verdwijnen uit de laag tussen 60 en 200 cm en bij de overige bedrijven ca 45 jaar.

3.6 Denitrificatie via de nitraatafname metingen

De potentiële denitrificatie gemeten als nitraatafname in de tijd is gemeten in een aantal lagen van elk profiel. De resultaten zijn vergeleken met die van de A-I-M methode en weergegeven in Figuur 13. Er bestond een redelijk goede correlatie tussen de beide metingen; gemiddeld was de activiteit met de A-I-M methode iets hoger dan die van de nitraatverdwijning.

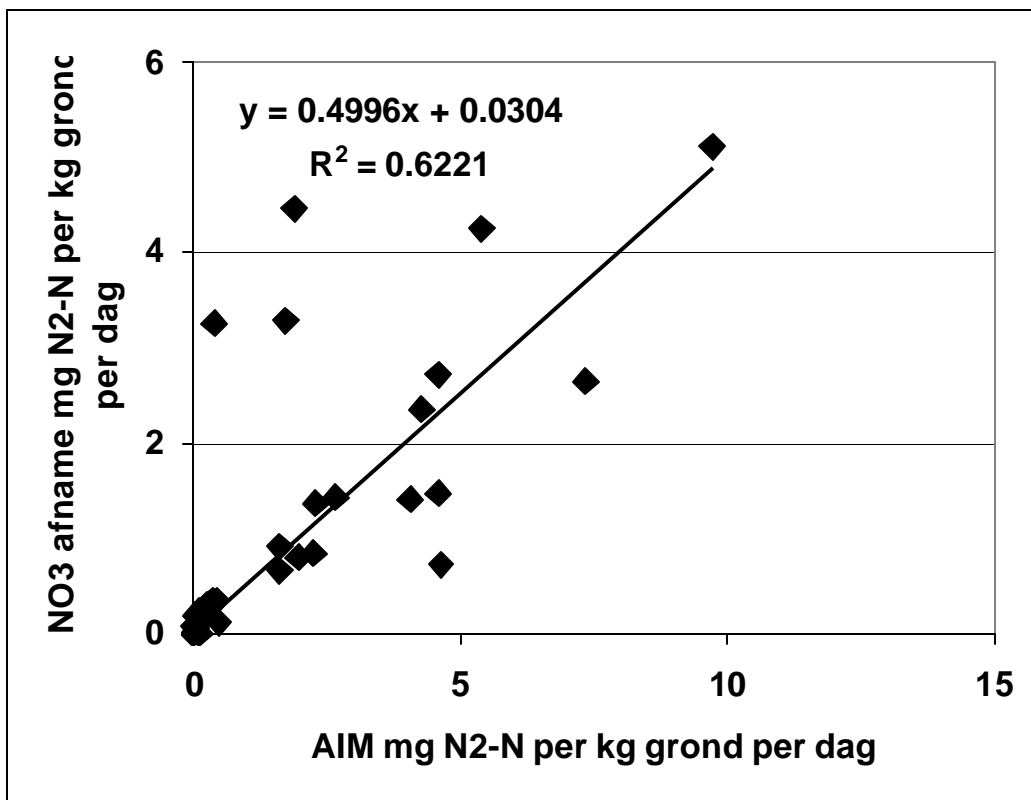


Fig. 12 Verband tussen de potentiële denitrificatie volgens de AIM methode (X-as) en de nitraatverdwijningsmethode (Y-as)

3.7 Relatie tussen respiratie en potentiële denitrificatie

De relatie tussen de respiratie en potentiële denitrificatie staat weergegeven in Figuur 13 A-C voor alle bedrijfstypen en alle lagen tezamen. Daaruit blijkt dat de potentiële denitrificatie een redelijk goed lineair verband vertoont met de potentiële koolstofmineralisatie en de potentiële stikstofmineralisatie. Op zich is het goede verband ook goed verklaarbaar. Potentiële denitrificatie en respiratie zijn in feite dezelfde processen. In beide gevallen wordt organische stof geoxideerd. Het verschil is dat bij respiratie zuurstof fungeert als electronenacceptor en bij denitrificatie is dat nitraat.

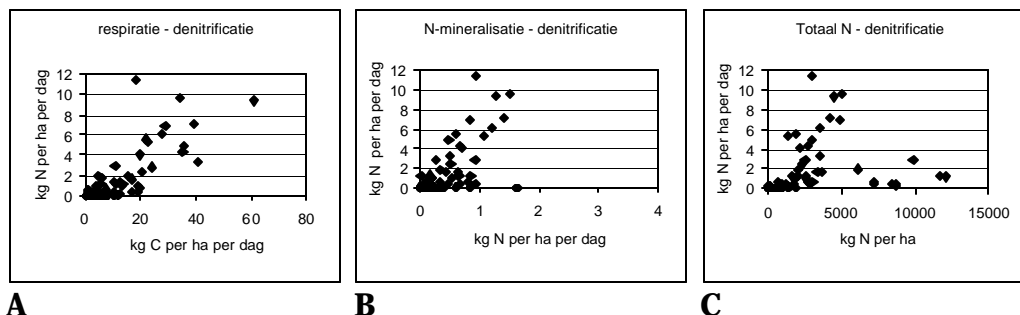


Fig. 13 Verband tussen de potentiële denitrificatie volgens de AIM methode en de respiratie (A), N-mineralisatie (B) en het totaal stikstofgehalte (C)

Vooraf per bedrijf blijkt het verband tussen respiratie en denitrificatie vaak erg goed te zijn (Tabel 3). Daarmee is de respiratieactiviteit dus een goede maat voor de potentiële denitrificatie en omgekeerd. Voor iedere mg CO₂ koolstof die vrijkomt bij aerobe afbraak van organische stof ontstaat onder anaerobe omstandigheden 0.23 g N₂-N. Theoretisch zou er ca 0.65 mg N₂-N kunnen ontstaan, wat er op wijst dat een aanzienlijk deel van de organische stof anaeroob niet afbreekbaar is.

Tabel 3 De correlatie tussen respiratie en potentiële denitrificatie per bedrijf; a, de verhouding tussen C en N; R², de fractie verklaarde variantie, bij R²=1 liggen alle punten precies op een lijn

Bedrijf	a	R ²
1	0.1345	0.927
2	0.2249	0.8661
3	0.338	0.9753
4	0.1109	0.8194
5	0.1952	0.7589
6	0.2302	0.3368
7	0.1372	0.9157
8 droge plek	0.473	0.7192
8 natte plek	0.2492	0.9864
9	0.1686	0.8806
10	0.2797	0.9675
11	0.2182	0.9878
12	0.2241	0.232

Er was geen duidelijk verband tussen denitrificatie en een van de overige bodemparameters. Alleen voor totaal C en totaal N leek het alsof er twee groepen

waren te onderscheiden (fig 13C). De eerste groep zou de relatief gemakkelijk afbreekbare organische stof kunnen vertegenwoordigen (steile deel van de relatie) en de tweede groep de relatief resistente organische stof (vlakke deel van de relatie). Als uit fig 13A en B de resultaten van bedrijf 6 werden verwijderd, bleef alleen het steile deel van de curve over.

4 Conclusies en aanbevelingen

De potentiële denitrificatie in de ondergrond dieper dan 60-80 cm was verwaarloosbaar klein. Alleen op het perceel met een nutriëntrijk rietzeggeveen in de ondergrond (bedrijf 6) was nog een relevante activiteit meetbaar. Er was geen groot verschil tussen de beide meetmethoden (AIM en nitraatverdwijnings methode).

Op de melkveehouderijbedrijven was de potentiële denitrificatie hoger dan op de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt bedrijven. Dit verschil wordt waarschijnlijk zeer sterk veroorzaakt door de aanwezigheid van meer afbreekbare organische stof in de bovenste bodemlaag van melkveehouderijbedrijven (vnl. graswortels).

Denitrificatie lijkt beter gecorreleerd te zijn met de respiratie dan met het totaal gehalte aan koolstof. Dat lijkt ook goed verklaarbaar, omdat potentiële denitrificatie in feite hetzelfde is als respiratie, maar met nitraat als electronenacceptor in plaats van zuurstof in het geval van respiratie.

Het aantal geselecteerde bedrijven en de verdeling over grondsoort en grondwatertrap was te gering om nu al goede uitspraken te kunnen doen over de relatie tussen denitrificatie en die factoren. Dat zal nader worden onderzocht in het project over denitrificatiemetingen in het onderzoeksprogramma over nutriënten. (DWK 398).

Literatuur

Anonymus 1983. 100 ton fabrieksaardappelen?. Werkgroep Optimalisering van de Fabrieksaardappelenteelt, S.I.O., 76 p

Corré, W.J. (1996) Stikstofverlies door denitrificatie in blijvend grasland op De Marke. In: Integrale monitoring van stikstofstromen in bodem en gewas, resultaten van proefbedrijf De Marke (Hack-ten Broeke, M.J.D. en H.F.M. Aarts, redactie), AB_DLO rapport 57.

Groot, J.J.R. & Houba, V.J.G. (1995) A comparison of different indices for nitrogen mineralization. *Biology and Fertility of Soils* 19, 1-9

Hassink, J. (1995) Organic matter dynamics and N mineralization in grassland soil. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen, 250 p.

Hénault, C. & Germon, J.C. (2000) NEMIS, a predictive model of denitrification on the field scale. *European Journal of Soil Science*, 51, 257-270

Houba, V.G.J., Temminghoff, E.J.M., Gaikhorst, G.A. & Vark, W. van (2000) Soil analysis procedures using 0.01M calcium chloride as extraction reagent. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 31, 1299-1396

Houba, V.G.J., Lee, J.J. van der & Novomzamsky, I. (1997) Soil analysis procedures; Other procedures (Soil and Plant Analysis, part 5B) Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, 217 p.

Postma, R. & Loon, C.D. van (1996) Nitrogen losses by denitrification during the growth of potatoes. Transactions of the 9th nitrogen workshop, Braunschweig, september 1996, 535-538.

Rappoldt, C., Harmanny, K. en Zwart, K.B. 1996 Effect van verslemping op aëratie en denitrificatie. AB-DLO rapport voor het PAGV, 11 p.

Smit, A. (2003) Gegevensverzameling Sturen Op Nitraat : op zoek naar een indicator. Alterra rapport 658, 48p

Velthof, G.L., Oenema, O. & Nelemans, J.A. (2001) Vergelijking van indicatoren voor stikstofmineralisatie in bouwland Meststoffen 2000, 45-52

Yoshinari, T., Hynes, R. & Knowles, R. (1977) Acetylene inhibition of nitrous oxide reduction and measurement of denitrification and nitrogen fixation in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 9, 177-183

Aanhangsel 1 Profielbeschrijvingen

Bedrijf 1
Plaats: Klijndijk
Bodemsubgroep:
Grondwatertrap: VIIIId
Monsternummer: J

Veldpodzolgrond (gedegenererde moderpodzol) in keizand

diepte	Hor_nr	Hor_code	org_stof %	lutum%	leem %	M50	Opmerkingen
0-30		1 Ap	5	3	12	180	
30-45		1 Bh	0,2	3	12	180	onderin iets Bws
45-110		1 Cg1		4	15	180	
110-125		1 Cg2		7	20	180	Keienvloer op 125cm
125-150		2 Cu			6	95	Formatie van Peelo
150-220		2 Cg			6	95	

Bedrijf 2
Plaats: Vredepeel, perceel 27
Bodemsubgroep: 2r431
Grondwatertrap: VIIId/VIIIId
Monsternummer: B

(Leemarme veldpodzolgrond)

diepte	Hor_nr	Hor_code	org. stof %	lutum%	leem %	M50	Opmerkingen
0-25		1 Ap	5		9	160	
25-35		1 A/C	2		9	160	
35-55		1 Bs			7	160	ijzer-B
55-140		1 Cu			7	160	
140-220		1 Cg			7	160	

Bedrijf 3
Plaats: Alphen, Terover

Bodemsubgroep:
Grondwatertrap:
Monsternummer:

VIIIId
 F

Vorstvaaggrond, in (oud??) dekszand, lemig fijnzand

diepte	Hor_nr	Hor_code	org. stof %	lutum%	leem %	M50	Opmerkingen
0-25		1 Ap	2		26	120	
25-35		1 Bws	1		26	120	Mangaanvlekken
35-50		1 Bw	0,2		26	120	
50-90		1 Cg1			14	150	
90-110		1 Cg2			30	100	Leembandje
110-200		1 Cu			9	120	

Bedrijf

4

Plaats:

Meterik, perceel 22

Bodemsubgroep:

4r422

(Leemarm tot zwaklemige bruine enkeerdgrond)

Grondwatertrap:

VIIIId

Monsternummer:

A

diepte	Hor_nr	Hor_code	org. stof %	lutum%	leem %	M50	Opmerkingen
0-30		1 Aap	3		10	130	
30-40		1 Aa1	3		9	130	
40-55		1 Aa2	2,5		9	130	
55-85		2 Cu1			13	130	
85-120		2 Cg1			20	110	
120-220		2 Cg2			9	160	
220-280		2 Cgc			28	90	Veel gley verschijnselen door tijdelijke stagnatie van regenwater
280-320		2 Cu2			7	160	

Bedrijf 5
Plaats: Beek en Donk
Bodems subgroup:
Grondwatertrap: Vio
Monsternummer: E

Bruine beekeerdgrond, zwak lemig matig fijn zand

diepte	Hor_nr	Hor_code	org. stof %	lutum%	leem %	M50	Opmerkingen
0-30		1 Ap	2,5		11	160	
30-135		1 Cg			11	160	Enkele leembandjes
135-200		1 Cu			11	160	Enkele leembandjes

Bedrijf 6
Plaats: Haskerdijken
Bodems subgroup:
Grondwatertrap: Iib
Monsternummer: H

Weideveengrond

diepte	Hor_nr	Hor_code	org. stof %	lutum%	leem %	M50	Opmerkingen
0-15		1 Ah	10	40			humusrijke, zware klei
15-35		1 Cg	0,5	55			knipklei
35-75		2 Cu1	75				zwart rietzeggeveen
75-180		2 Cr	85				gereduceerd rietzeggeveen
180-200		2 Cu2	70				zwart rietzeggeveen
200-220		3 Cr	0,5		7	160	pleistoceenzand

Bedrijf 7
Plaats: Nieuweroord
Bodems subgroup:

Moerpodzolgrond in veenkoloniaalgebied, met keileem in de ondergrond

Grondwatertrap: Vbd
Monsternummer: I

diepte	Hor_nr	Hor_code	org_stof %	lutum%	leem %	M50	Opmerkingen
0-35		1 Ap	8		16	165	Veenkoloniaaldek
35-45		1 Cu	12		16	165	Veenkoloniaaldek
45-70		2 Cu	40				Veraard veen
70-80		3 Bh	0,5		11	180	keizand
80-90		3 Cg1			11	180	
90-110		3 Cg2			20	180	
110-190		4 Cg		10	30	180	keileem
190-200		4 Cgr		10	30	180	keien
200-220		4 Cr		10	30	180	

Bedrijf 8 natte plek
Plaats: Hengelo (Gld)

Verwerkte veldpodzolgrond in jonge heide-ontginning

Bodems subgroup:
Grondwatertrap: VIo
Monsternummer: L (monsterpunt 17A (= "natte punt))

Diepte	Hor_nr	Hor_code	org. Stof %	Lutum %	Leem %	M50	Opmerkingen
0-40		1 A/Bh	3		16	135	Verwerkt
40-50		1 B/C	3,5		20	135	Verwerkt
50-160		2 Cu			16	135	Leembandjes
160-220		2 Cgr			16	170	

Bedrijf **8, droge plek**
Plaats: Hengelo (Gld)
Bodemsubgroep: Kanteerdgrond in ontgonnen jong stuifzandgebied
Grondwatertrap: VIIIId
Code: M (monsterpunt 11A(= droge punt))

Diepte	Laag_nr	Hor_code	org. Stof %	Lutum %	Leem %	M50	Opmerkingen
0-30		1 Ap	2,5		11	160	grindjes
30-50		1 Cu	0,5		9	160	iets Bh
50-180		1 Cy			7	160	
180-220		1 Cg			9	160	

Bedrijf **9**
Plaats: Nutter
Bodemsubgroep: Bruine enkeerdgrond op een ooivaaggrond in mariene tertiare klei

Grondwatertrap: VIIIId
Monsternummer: K

Diepte	Hor_nr	Hor_code	org. Stof %	Lutum %	Leem %	M50	Opmerkingen
0-30		1 Aap	3,5		18	180	
30-80		1 Aa	3		18	180	
80-110		1 AB	3		20	180	iets moderpodzol
110-120		2 Bw1	1	11			keienvloer op 110
120-160		2 Bw2		14			
160-180		2 Cg1		20			
180-220		2 Cg2		14			

Bedrijf **10**
Plaats: Alphen, Flaasweg

Bodemsubgroep: Zwarte beekeerdgrond, jonge heide ontginning. Zwak lemig, matig fijnzand

Grondwatertrap: Waarschijnlijk een schijnspiegel op de leemlaag, waardoor het perceel flink nat kan worden. Onder de leemlaag staat het grondwater dieper dan 200cm - mv.

Monsternummer: E,295

diepte	Hor_nr	Hor_code	org. stof %	lutum%	leem %	M50	Opmerkingen
0-30		1 Ap	3		13	140	
30-55		1 Cg			10	140	
55-90		2 Cg			75	90	Ondoorlatende leemlaag
90-110		2 Cu	4		85	90	Ondoorlatende leemlaag
110-190		3 Cu	1		9	90	
190-200		4 Cu			85	90	Ondoorlatende leemlaag

Bedrijf: 11

Plaats: Ysselstein

Bodemsubgroep: Meerveengrond zonder humuspodzol in de ondergrond

Grondwatertrap: Ivu /VIo

Monsternummer: D2, 2e links

diepte	Hor_nr	Hor_code	org. stof %	lutum%	leem %	M50	Opmerkingen
0-35		1 Ap	10		15	160	Veenkoloniaal dek
35-65		2 Cu	60				Veraard zwart veen met "lok"
65-100		3 Cu1			22	140	
100-120		3 Cu2			15	170	
120-200		3 Cr			34	100	Ondoorlatende leemlaag

Bedrijf 12
Plaats: Cadier en Keer
Bodems subgroup:
Grondwatertrap: VIIIId
Monsternummer: C

Bergbrikgrond op hellend terrein, sterk siltig

diepte	Hor_nr	Hor_code	org. stof %	lutum%	leem %	M50	Opmerkingen
0-20		1 Ah	2,5	13	90		
20-30		1 Abt	0,5	15	94		
30-50		1 Bt		15	94		Mangaanvlekken
50-80		1 BCg		15	94		Mangaanvlekken
80-200		1 Bw		13	90		

Aanhangsel 2 Beschrijving van de metingen

A.2.1 Verwerking

Na aankomst van de monsters werden deze in zijn geheel gehomogeniseerd.

Een deel (± 400 gram) is na het homogeniseren gedroogd bij 40°C waarbij zowel het natte als het droog gewicht is bepaald. (Vochtgehalte 40°C). Tevens is van de verse grond het gewicht bepaald van 145 cm^3 . Het restant natte monster is in de koelcel opgeslagen in plastic zakken.

Het gedroogde gedeelte is in zijn geheel gezeefd over een 2mm zeef. Vervolgens is deze grond voor de volgende doeleinden gebruikt:

- Colloïd malen voor de bepaling van N totaal en C totaal (Kurmies)
- Bepaling van N mineraal, DOC, P en K in CaCl_2 extract
- Vocht bepaling bij 105°C .

A.2.2 Potentiële mineralisatie

Hiervoor is zoveel verse grond (uit koelcel) afgewogen dat deze hoeveelheid overeenkwam met 100 gram droge grond.

Het afgewogen verse monster is overgebracht in een zuurstofdoorlatend audiothene zakje, dichtgeseald en weggelegd bij 20°C gedurende 4 weken.

Tevens is er bij het inzetten een extra monster genomen. Dit monster ($t=0$) en dat na 4 weken incuberen is gedroogd bij 40°C gezeefd en geanalyseerd op N mineraal. (NO_3 , NH_4 en Ntsin CaCl_2 extracten) en vochtgehalte 105°C .

A.2.3 Potentiële denitrificatie m.b.v. de acetyleen inhibitie methode (A-I-M)

Op dag 1 is zoveel grond afgewogen dat deze hoeveelheid overeenkwam met 100 gram droge grond. Het monster is overgebracht in een audiothene zakje, dichtgeseald en gedurende 24 uur weggelegd bij 20°C .

Op dag 2 is de grond uit de zakjes gehaald. Vervolgens is er 5 ml KNO_3 oplossing aan toegevoegd zodat het N gehalte in de grond op 200 mg N per kg droge grond werd gebracht. Het geheel is goed gehomogeniseerd en overgebracht in een infuusfles van 575 ml. De fles is afgesloten en nadat er drie keer met stikstofgas was gespoeld om alle zuurstof te verwijderen is er 25 ml C_2H_2 gas aan toegevoegd.

Het geheel is d.m.v. rollen gemengd en de ontstane overdruk is door middel van een naald weggelaten. De flessen werden weggezet bij 20°C . Na 24, 48 en 72 uur incuberen is de concentratie C_2H_2 , en N_2O gemeten.

Als blanco is er een fles met alleen NO_3 oplossing geïncubeerd. Om te controleren of de zeer lage denitrificatie in de onderste lagen het gevolg was van kleine hoeveelheden zuurstof die in de grond was achtergebleven is ook nog de volgende controle uitgevoerd. Voorafgaand en na elke keer spoelen met stikstofgas is de fles vacuum gezogen om ook spoortjes zuurstof te verwijderen. Dit had geen effect op de uiteindelijke denitrificatie, zodat deze handeling verder achterwege werd gelaten.

A.2.4 Respiratie meting

Hiervoor is zoveel verse grond afgewogen, dat deze hoeveelheid overeenkwam met 100 gram droge grond. Het monster is in zijn geheel overgebracht in een infuusfles van 575 ml. Het gewicht van de fles plus grond is op de fles genoteerd. De fles is

afgesloten met een wattenprop en weggezet bij 20°C. Na 14 dagen incubatie werden de flessen gespoeld met zuivere lucht en afgesloten. Precies 24 uur na het spoelen is de CO₂ concentratie in de flessen gemeten.

A.2.5 Potentiele denitificatie met behulp van het verdwijnen van nitraat

Van een vochtig monster is zoveel afgewogen dat deze hoeveelheid overeenkwam met 100 gram droge grond. Het monster is overgebracht in een infuusfles van 250 ml en er is zoveel ml KNO₃ oplossing toegevoegd zodat het N gehalte 200 mg N per kg droge grond bedroeg en de grond volledig onder water kwam te staan.

De fles is afgesloten en deze wordt vervolgens grondig gespoeld met N₂ gas. Hierna worden de flessen weggezet bij 20°C. Op t=0, 2, 4, 6 en 8 weken is er vloeistof uit de flessen genomen en hierin is de nitraatconcentratie bepaald.

Aanhangsel 3 Bodemsamenstelling per bedrijf

Bovenin elk figuur staat het nummer van het betreffende bedrijf, op de Y-as staat de diepte in cm minus maaiveld en op de X-as het gehalte. Let op het mogelijke schaalverschil op de Y-as tussen de bedrijven.

3.1 *N-totaal g/kg grond*

3.2 *N-mineraal mg/kg grond*

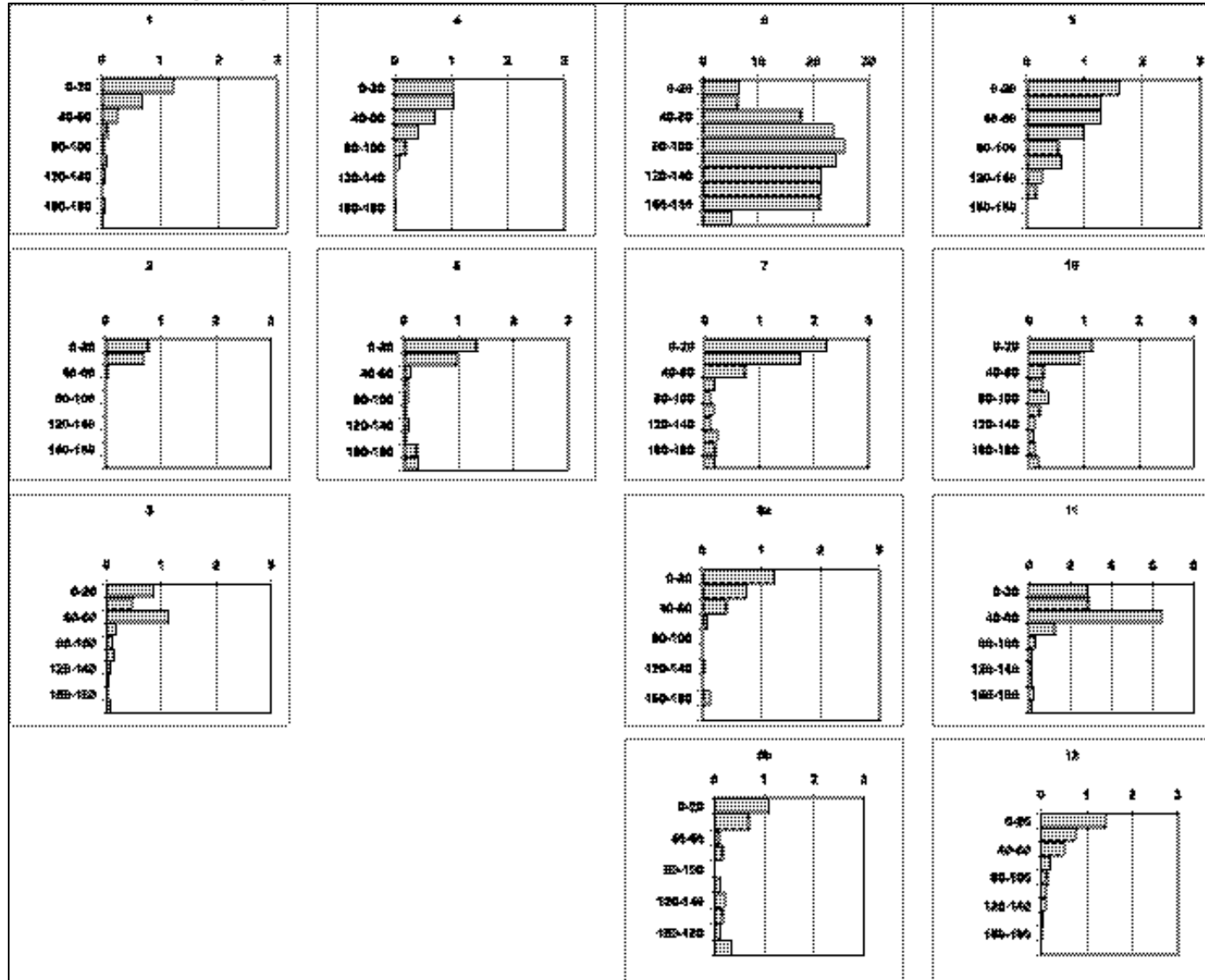
3.3 *C-totaal g/kg grond*

3.4 *Oplosbaar C mg/kg grond*

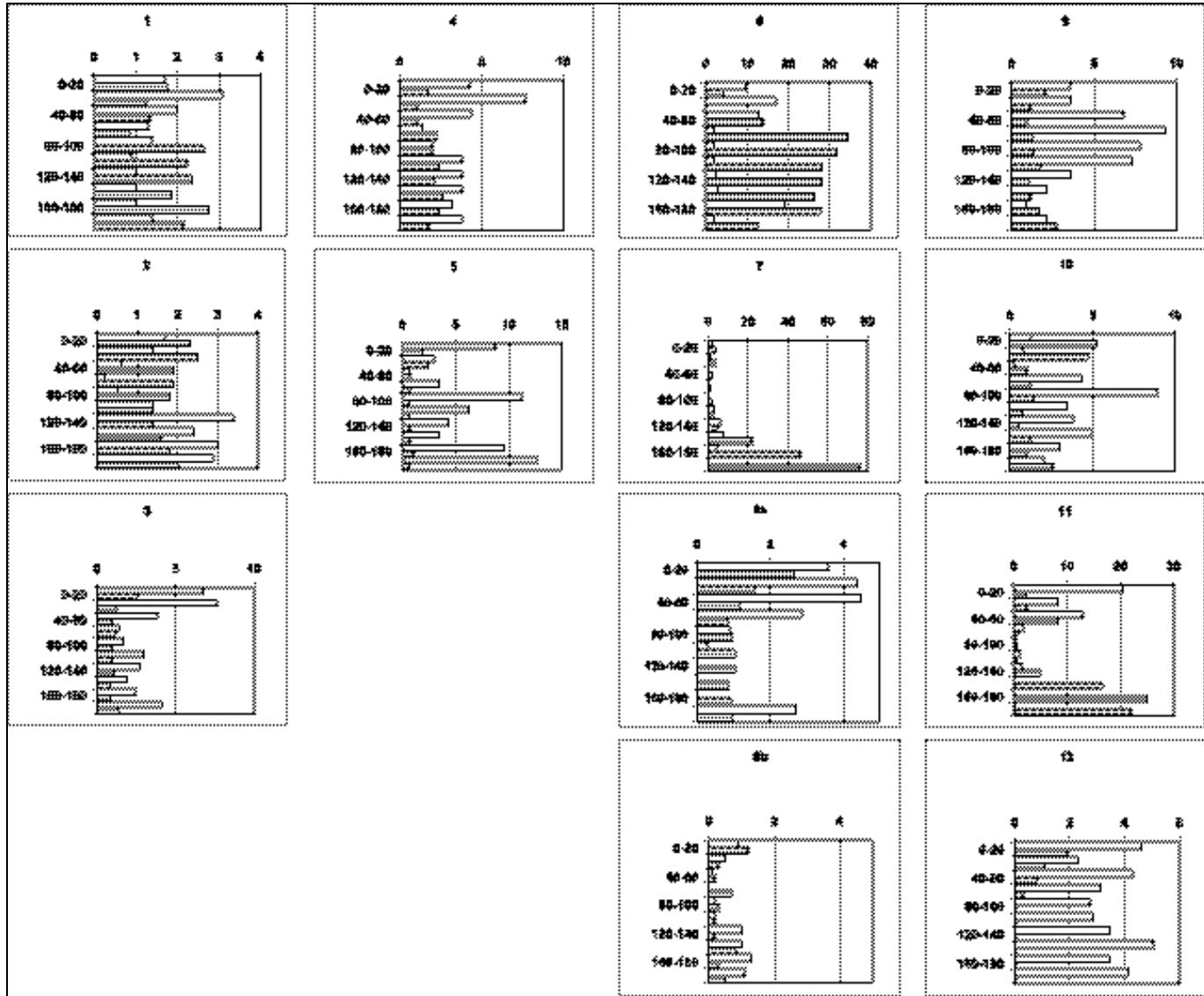
3.5 *Oplosbaar P mg/kg grond*

3.6 *Oplosbaar K mg/kg grond*

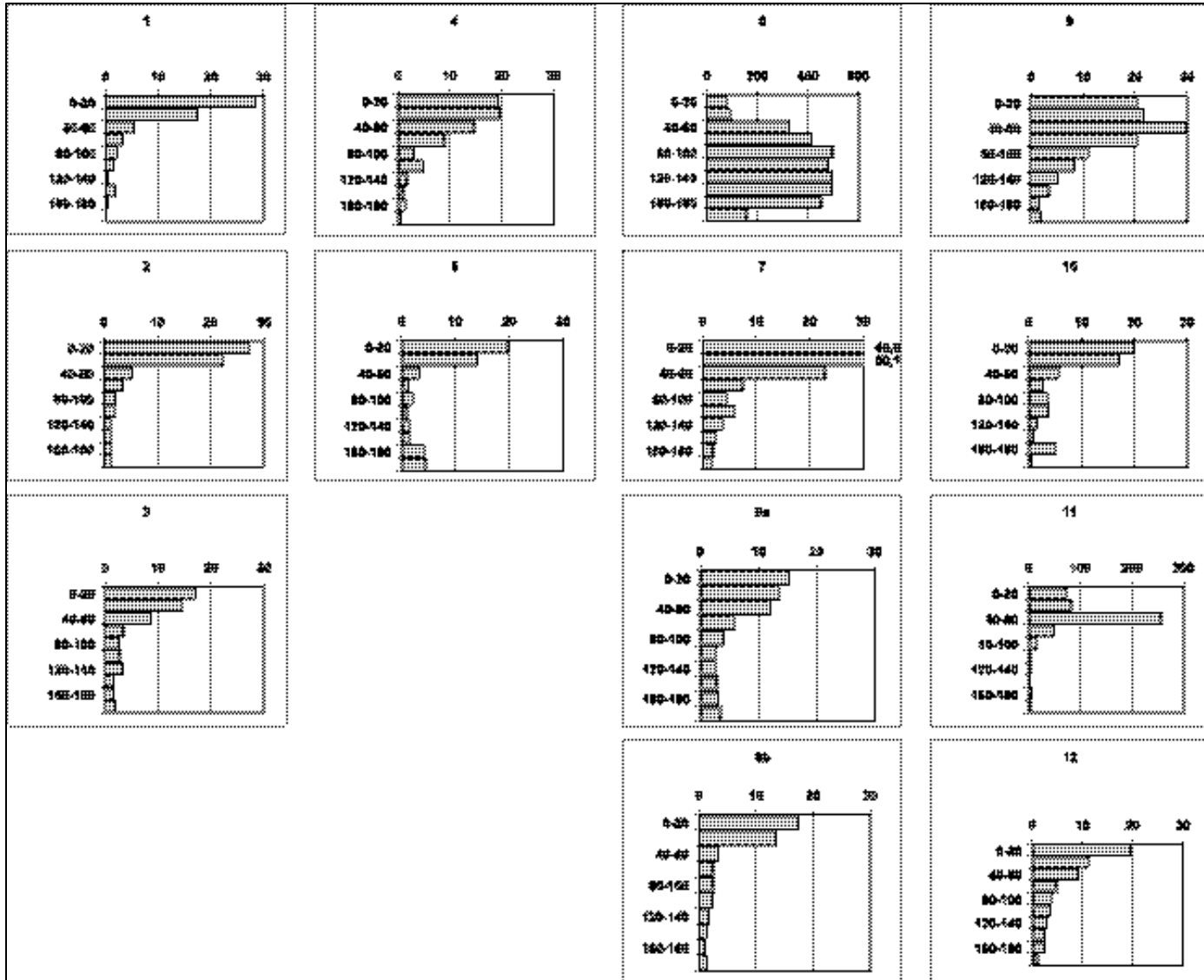
3.1 N-totaal g/kg grond



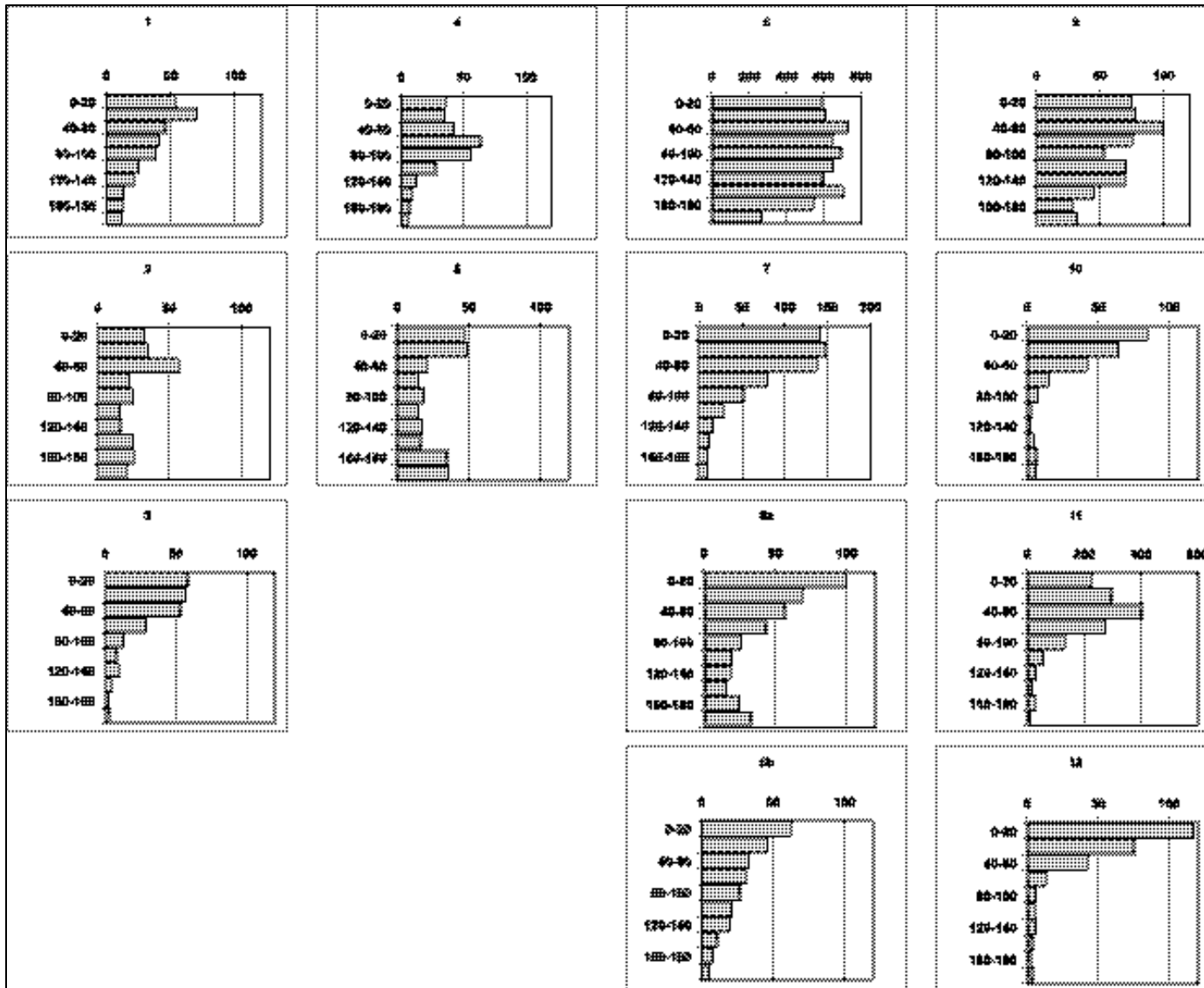
3.2 *N-mineraal mg/kg grond* De open staafjes vertegenwoordigen NH₄-N en de gevulde staafjes NO₃-N



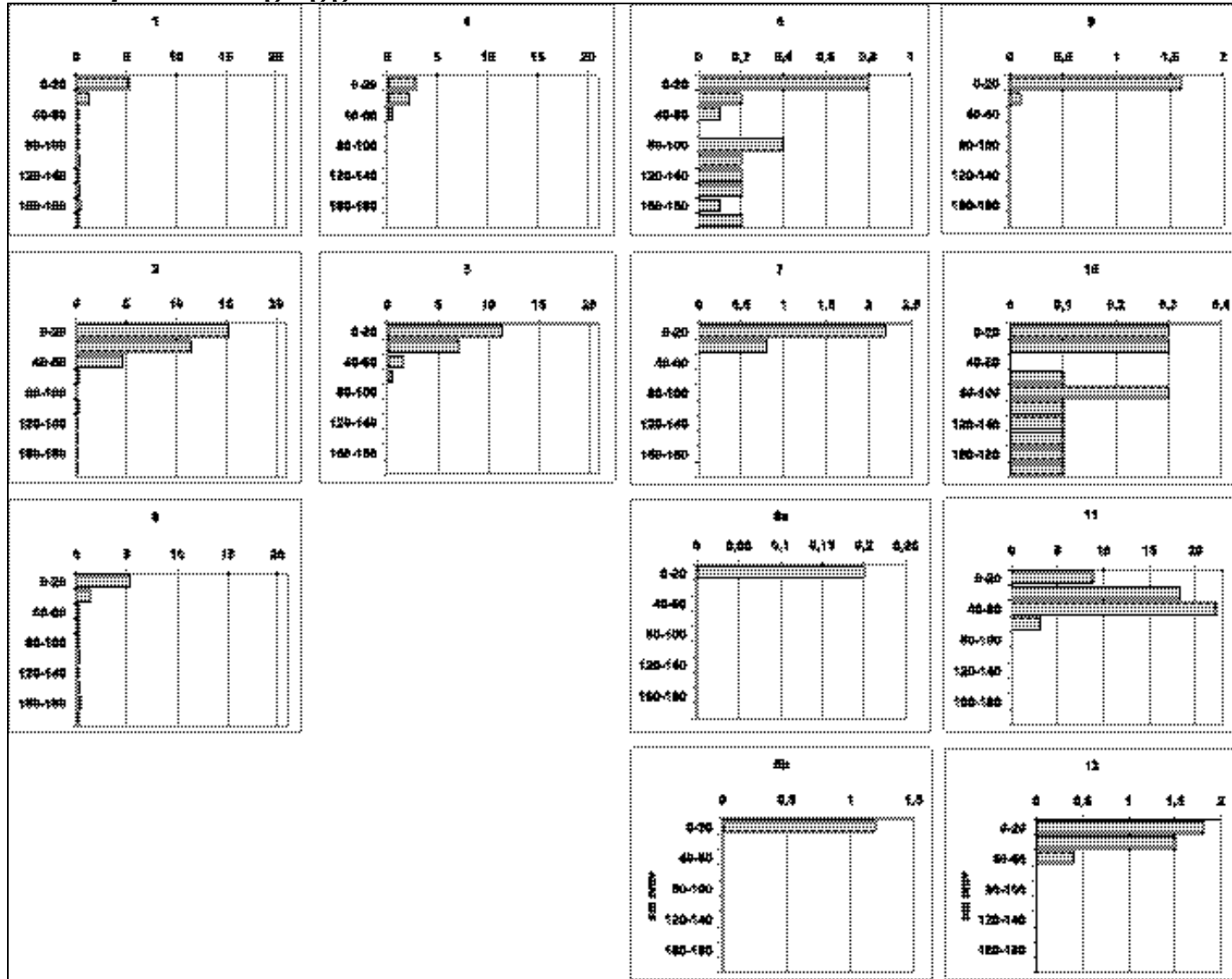
3.3 C-totaal g/kg grond



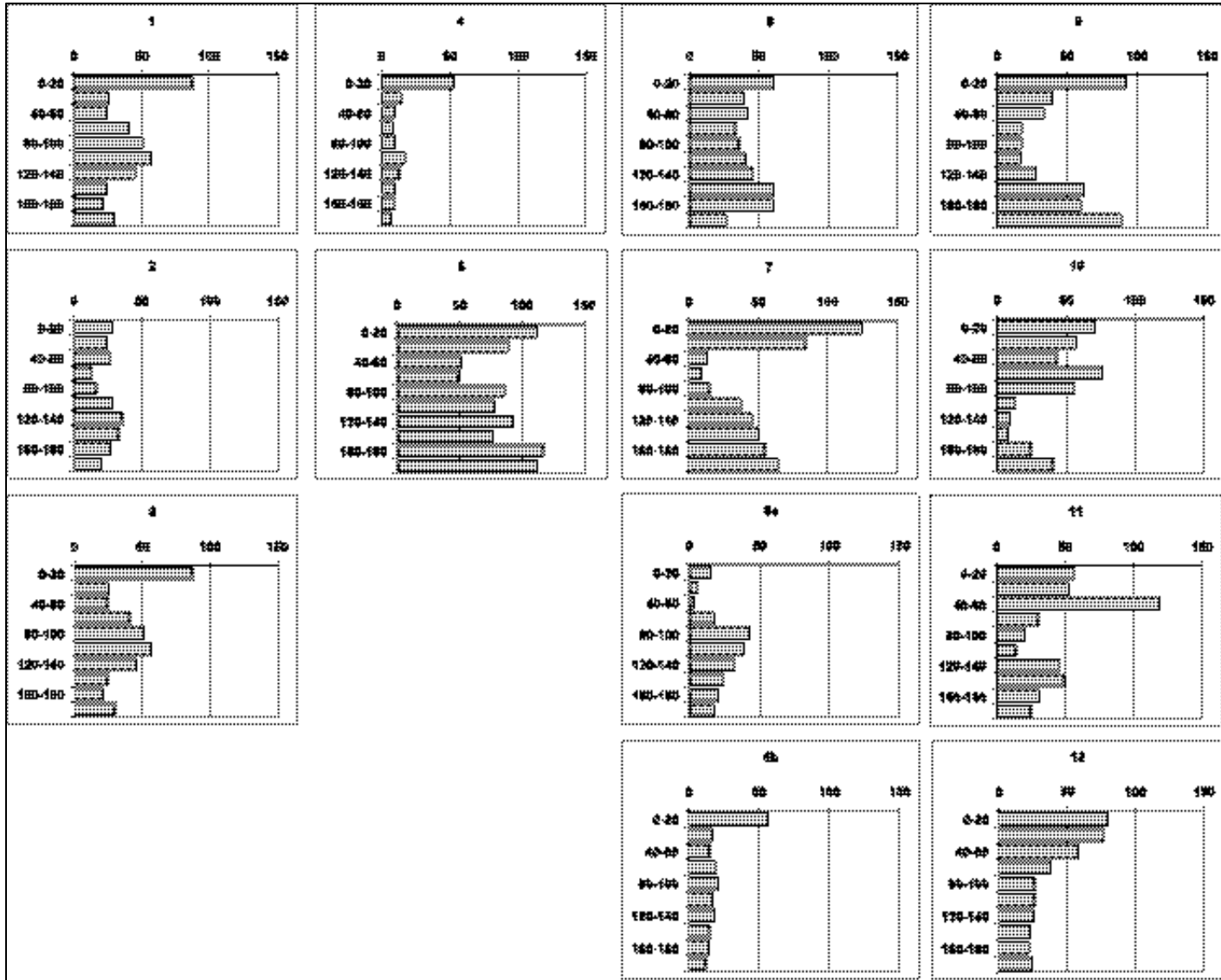
3.4 Oplosbaar C mg/kg grond



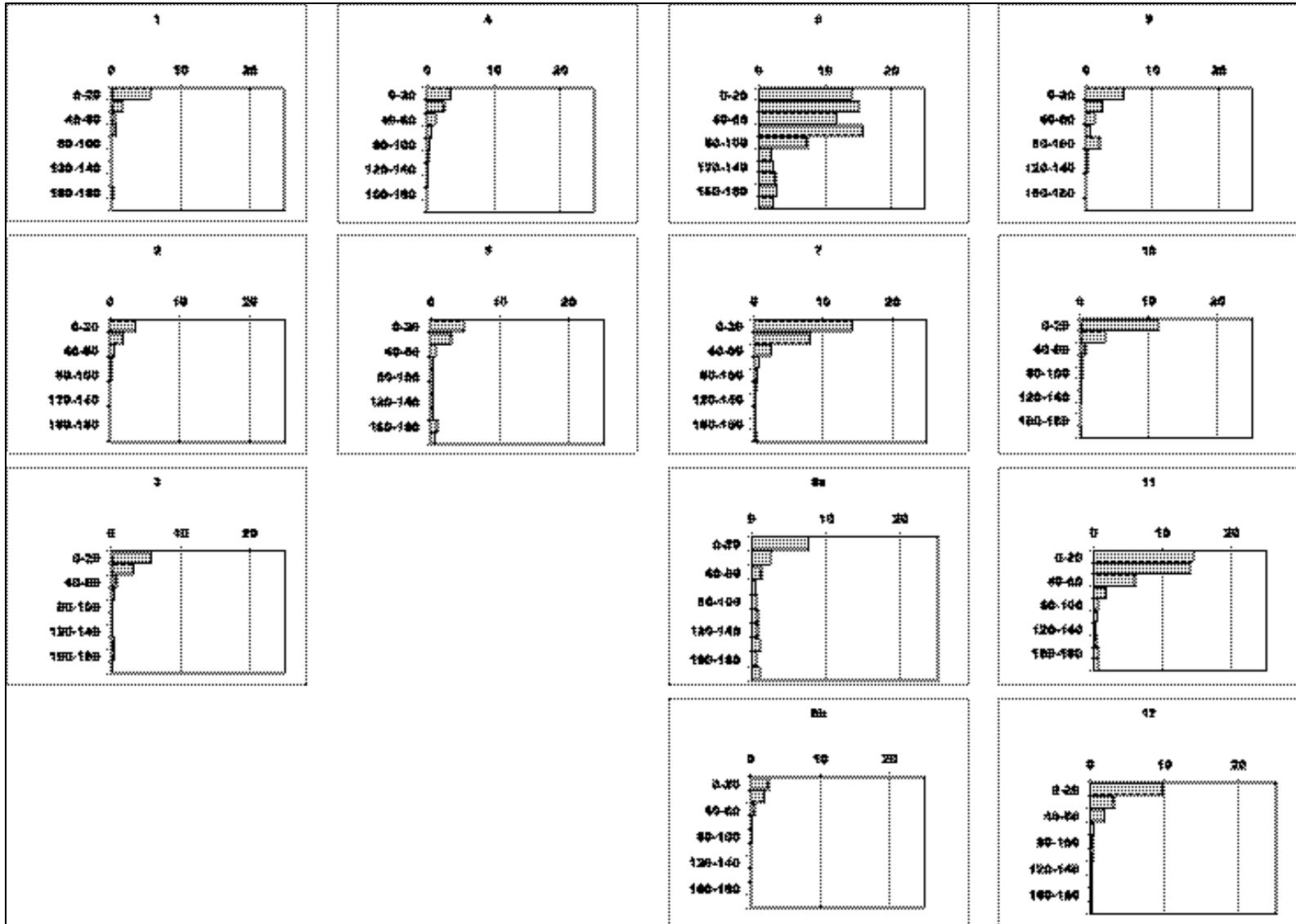
3.5 Oplosbaar P mg/kg grond



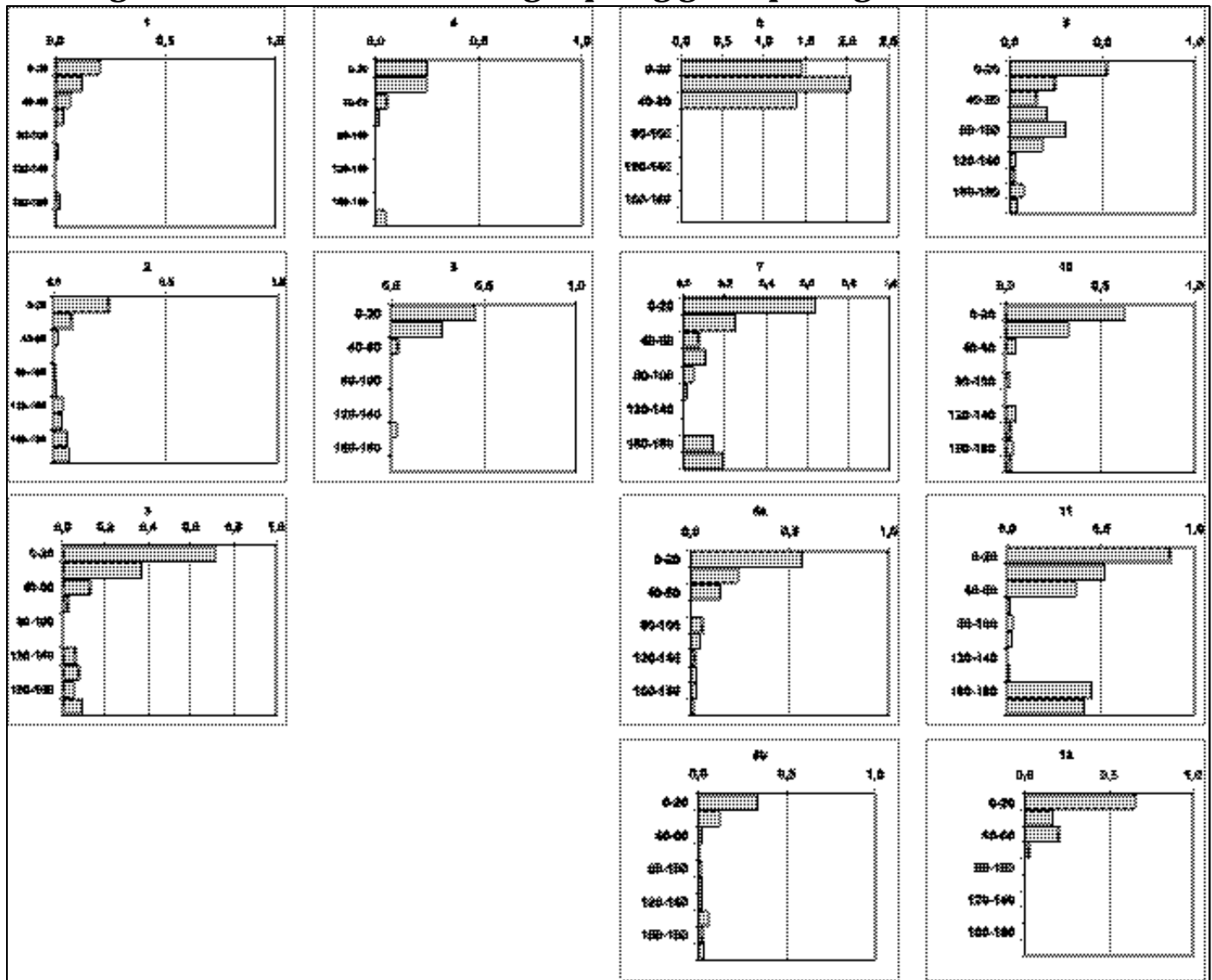
3.6 Oplosbaar K mg/kg grond



Aanhangsel 4 Respiratie per bedrijf, mg C per kg grond per dag



Aanhangsel 5 Stikstofmineralisatie, mg N per kg grond per dag



Aanhangsel 6 Potentiële denitrificatie kg N per ha per dag

