

Beheer van organische stof in open biologische, eco- logische en geïntegreerde teeltsystemen

Eindrapport

K.B. Zwart¹, A.P. Whitmore² & J.G. Bokhorst³

ab-dlo

¹ AB-DLO, Mineralisatie van organische stof

² AB-DLO, Simulaties met MOTOR

³ Louis Bolk Instituut, Driebergen, Simulaties met NDICEA

DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO)

AB-DLO is een moderne, marktgerichte onderzoeksorganisatie die resultaten van wetenschappelijk onderzoek vertaalt naar maatoplossingen voor klanten. Kennis van processen in plant, gewas en bodem benut AB-DLO voor het sturen van de kwaliteit van land- en tuinbouwproducten in de keten en voor het duurzaam en landschappelijk aantrekkelijk maken van plantaardige productiesystemen. Integratie van kennis in operationele modellen geeft meerwaarde aan de onderzoeksproducten van AB-DLO.

De klantenkring omvat bedrijfsleven, land- en tuinbouw, inrichters van de groene ruimte, nationale en regionale overheden, en internationale organisaties.

AB-DLO beschikt over unieke expertise op het gebied van plantenfysiologie, gewas- en productie-ecologie, bodemchemie en -ecologie en systeemanalyse.

Het instituut heeft geavanceerde faciliteiten voor onderzoek aan fysiologische processen, planten, gewassen en eco-systemen:

- goed geoutilleerde laboratoria
- verschillende typen klimaatruimten
- het 'Wageningen Phytolab'
- het 'Wageningen Rhizolab'
- Open-Top kamers
- proefbedrijven op verschillende grondsoorten

De producten die AB-DLO op de markt brengt zijn gegroepeerd in drie productgroepen:

Plantaardige productie en productkwaliteit

- Geïntegreerde en biologische productiesystemen
- Onkruidbeheersingssystemen
- Precisielandbouw
- Groene grondstoffen en inhoudsstoffen
- Innovatie glastuinbouw
- Kwaliteit van plant, gewas en product

Bodem-plant-milieu

- Bodem- en luchtkwaliteit
- Klimaatverandering
- Biodiversiteit

Multifunctioneel en duurzaam landgebruik

- Nutriëntenmanagement
- RURale ontwikkeling en voedselzekerheid
- Agro-ecologische zoning
- Multifunctionele landbouw
- Agrarisch natuurbeheer

Adres : Bornsesteeg 65, Wageningen
: Postbus 14, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317-475700
Fax : 0317-423110
E-mail : postkamer@ab.dlo.nl
Internet : <http://www.ab.dlo.nl>

Inhoudsopgave

pagina

Samenvatting

1.	Mineralisatie van organische stof	1
1.1	Inleiding	1
1.1.1	Mineralisatie van organische meststoffen	2
1.1.2	Mineralisatie van organische stof uit de bodem	2
1.1.3	Simulatiemodellen	3
1.2	Materiaal en methoden	3
1.2.1	Locaties	3
1.2.1.1	Bloembollen	4
1.2.1.2	Boomteelt	4
1.2.1.3	Akkerbouw	4
1.2.2	Duur van het onderzoek	4
1.2.3	Metingen	5
1.2.3.1	<i>In-situ</i> N-mineralisatie	5
1.2.3.2	Potentiële mineralisatie	5
1.2.3.3	Mineralisatie van organische producten	6
1.2.3.4	Kwaliteit van organische stof uit bodemmonsters	6
1.2.4	Analyses	7
1.2.4.1	Chemische analyses	7
1.2.4.2	Statistische analyse	7
1.3	Resultaten	7
1.3.1	Mineralisatie van organische producten	7
1.3.1.1	N-mineralisatie uit organische producten	8
1.3.1.2	Effect van het onderwerpen van producten	9
1.3.1.3	Het effect van extra minerale N op de mineralisatie van C-rijke materialen	10
1.3.1.4	Relatie N-mineralisatie en samenstelling product	14
1.3.2	Mineralisatie <i>in-situ</i> en de potentiële mineralisatie	16
1.3.2.1	Bloembollen	16
1.3.2.2	Boomteelt	27
1.3.2.3	Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt	37
2.	Voorspelling van de stikstofmineralisatie met MOTOR	63
2.1	Inleiding	63
2.2	Proefgegevens	64
2.3	Resultaten	66
3.	Voorspelling van stikstofmineralisatie met model NDICEA	71
3.1	Inleiding	71
3.2	Materiaal en methoden	71
3.2.1	Het stikstofmodel NDICEA	72

3.2.2	Basisgegevens	72
3.2.3	De werkwijze bij de berekeningen	75
3.3	Resultaten en bespreking	76
3.3.1	Algemeen	76
3.3.2	De nauwkeurigheid van de berekeningen	76
3.3.3	Bronnen van stikstof	79
3.3.4	Uitspoeling van stikstof	80
3.4	Conclusies	81
4.	Synthese	83
4.1	Mineralisatiemetingen	83
4.1.1	Mineralisatie van organische producten	83
4.1.2	Mineralisatie <i>in-situ</i> en potentiële mineralisatie in relatie tot bodemeigenschappen	83
4.2	De vergelijking van NDICEA en MOTOR	85
4.3	Conclusie	87
5.	Literatuur	89
Bijlage I	Samenstelling geteste organische producten	2 pp.
Bijlage II	Benodigde gegevens voor het Whitmore simulatie model (AB-DLO)	1 p.

Samenvatting

Biologische teeltsystemen zijn voor hun nutriëntenvoorziening zo goed als geheel afhankelijk van organische materialen en organische stof uit de bodem. Er bestaat nog steeds een grote onzekerheid over de hoeveelheid nutriënten die uit deze bronnen beschikbaar kan komen en vooral ook over het tijdstip waarop.

In dit project is onderzocht of er eenvoudige methoden zijn om die onzekerheid over de beschikbaarheid van stikstof kleiner te maken. De teelten die daarbij werden onderzocht waren akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt, bollenteelt en boomteelt. Het onderzoek werd uitgevoerd in samenwerking met het Louis Bolk Instituut, het Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, het Proefstation voor de Boomkwekerij en het Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt.

De hoeveelheid stikstof die vrij kan komen uit diverse organische materialen is onderzocht met behulp van mineralisatieproeven. Daaruit bleek dat er een vrij goede correlatie bestaat tussen de totale en de oplosbare hoeveelheid stikstof die totaal aanwezig is in het materiaal en de hoeveelheid die er uit kan mineraliseren.

De hoeveelheid stikstof die vrij kan komen uit de organische stof in de bodem is onderzocht door die organische stof te fractioneren met behulp van dichtheidsgradiënten. In graslanden was eerder gevonden dat er een goed verband bestaat tussen de hoeveelheid stikstof in de lichtste organische-stoffractie en de hoeveelheid die uit de bodem vrij kan komen. Omdat dit verband onafhankelijk was van de grondsoort was dit een aantrekkelijke manier om de mineralisatie uit de bodem te voorspellen.

Alleen onder speciale condities in de akkerbouw bleek dat er een verband bestond tussen de hoeveelheid stikstof in de lichtste organische-stoffractie en de hoeveelheid stikstof die mineraliseerde. Bij de andere teelten en over alle teelten tezamen bleek dit verband niet aanwezig te zijn.

Het verband in de akkerbouw was alleen aantoonbaar ten opzichte van de mineralisatie gemeten onder standaard-condities. Er is bij alle teelten veel aandacht besteed aan het meten van de mineralisatie onder veldcondities, met behulp van ingegraven pvc-buisjes. De resultaten van deze metingen vertoonden een zodanig grote spreiding tussen de herhalingen dat deze methode waarschijnlijk niet geschikt is.

Voor het voorspellen van het tijdstip waarop nutriënten vrijkomen voor het gewas moet rekening worden gehouden met een groot aantal factoren. Alleen computersimulatiemodellen zijn in staat om dat op een dynamische wijze te doen.

De voorspelling van de hoeveelheid minerale stikstof die beschikbaar is op elk moment in de teelt is onderzocht op drie percelen van het bloembollenbedrijf De Noord, met behulp van de modellen MOTOR en NDICEA. De voorspellingen werden vergeleken met de gemeten hoeveelheid minerale stikstof in de bouwvoor. De resultaten van het eerste jaar werden gebruikt om de modellen te verbeteren; vervolgens werd de hoeveelheid minerale stikstof in het tweede jaar voorspeld.

Over het algemeen waren de verschillen tussen de modellen gering, soms voorspelde MOTOR wat beter; andere keren was NDICEA succesvoller. Opvallend was dat ook in de metingen van

de minerale stikstof, waarvoor twee methoden werden gebruikt, soms aanzienlijke verschillen zaten.

Het is nog te vroeg om met de modellen in dit stadium de stikstofvoorziening van biologische gewassen te sturen, maar verwacht mag worden dat hun voorspellende kracht zal toenemen met de verbetering van de verschillende modules waaruit de modellen zijn opgebouwd.

1. Mineralisatie van organische stof

1.1 Inleiding

Biologische en ecologische teeltsystemen zijn voor hun nutriëntenvoorziening voor een zeer groot deel tot volledig afhankelijk van:

- a. organische meststoffen en
- b. de levering van nutriënten uit de bodem.

In organische meststoffen zijn de nutriënten voor het grootste deel aanwezig in organische vorm en in biologische en ecologische teelten komt ook de levering vanuit de bodem voornamelijk vanuit de organische-stofpool. Voordat de nutriënten uit organische bronnen beschikbaar zijn voor gewassen is er eerst een proces van mineralisatie noodzakelijk. Mineralisatie is een biologisch proces waarin organische stof wordt afgebroken tot minerale componenten zoals kooldioxide, ammoniak en anorganisch fosfaat. De hoeveelheid organische stof in de bodem neemt af tijdens mineralisatie en deze moet via bemesting of gebruik van gewasresten weer op peil gebracht worden.

Doordat mineralisatie een biologisch proces is moeten organische producten qua samenstelling voldoen aan een aantal eisen:

1. ze moeten afbreekbaar zijn door (micro) organismen,
2. de organische stof moet bijdragen aan gunstige fysisch-chemische condities in de bodem voor bodemorganismen en gewassen.

In open teelten die afhankelijk zijn van organische bemesting is een optimale organische-stofvoorziening dus van het grootste belang om:

- a. de nutriëntenvoorziening van het gewas veilig te stellen en
- b. te voorkomen dat onnodig mineralen naar bodem- en oppervlaktewater of in de atmosfeer verdwijnen.

Het blijkt, ondanks vele jaren van onderzoek en ervaring met organische bemesting in diverse teeltsystemen, nog steeds erg moeilijk om de bodem zodanig van organische stof te voorzien dat een goede voorspelling gemaakt kan worden van:

1. de hoeveelheid nutriënten die beschikbaar komt en het tijdstip waarop dat gebeurt en
2. de lange-termijn voorspelling van de hoeveelheid en kwaliteit van organische-stof in de bodem.

Doordat de belangstelling voor het biologisch en/of ecologisch telen van gewassen toeneemt, neemt ook de belangstelling voor goed organische-stofbeheer toe.

Het doel van dit project was om het beheer van de organische-stofvoorziening te verbeteren en om goede mineralisatievoorspellingen mogelijk te maken. Daarmee wordt het voor telers mogelijk om de vraag naar nutriënten door hun gewas en de voorziening vanuit organische (mest)stof op een goede manier op elkaar af te stemmen en om in de toekomst aan steeds scherpere eisen met betrekking tot nutriëntverliezen te voldoen, zonder een grote opbrengstderving.

In het project zijn drie onderzoekslijnen gevolgd:

- I. In de eerste plaats is onderzocht of het mogelijk is om aan de hand van de chemische samenstelling van organische meststoffen een voorspelling te geven van:
 - a. de hoeveelheid stikstof die eruit vrij kan komen,
 - b. de snelheid waarmee dat gebeurt en
 - c. de bijdrage van diverse producten aan de organische-stofopbouw van de bodem.
- II. In de tweede plaats is onderzocht of het mogelijk is om aan de hand van een aantal fysisch-chemische parameters van de bodem-organische stof een voorspelling te geven van de mineralisatie en stabiliteit van deze pool.
- III. In de derde plaats is met behulp van twee bestaande simulatiemodellen (NDICEA en MOTOR) onderzocht of de dynamiek waaraan mineralisatie in het veld is onderworpen, zodanig kan worden berekend dat een voorspelling van de hoeveelheid beschikbare stikstof in het veld gedurende de teelt en ervoor of erna mogelijk is. Samen met de kennis over de mineralisatie van meststoffen en organische stof kan het dan mogelijk worden de behoefte en het beschikbaar komen van minerale stikstof te synchroniseren.

1.1.1 Mineralisatie van organische meststoffen

Vaak wordt de mineralisatie van organische materialen die aan grond worden toegediend afgeleid van de relatieve hoeveelheden koolstof en stikstof (C en N) die ze bevatten (Bradbury et al., 1993; Verberne et al., 1990). Echter niet alleen deze parameters zijn in hoge mate gecorreleerd met de afbraaksnelheid, maar bijvoorbeeld ook het vezelgehalte en de hoeveelheid oplosbaar C en N die ze bevatten (Whitmore & Matus, 1996; Whitmore & Groot, 1995).

In dit project wordt de mineralisatie van organische materialen gerelateerd aan een aantal chemische en fysische eigenschappen, waaronder totaal en oplosbaar C- en N-gehalte en het vezelgehalte (cellulose, hemicellulose en lignine).

1.1.2 Mineralisatie van organische stof uit de bodem

Mineralisatie van organische stof in de bodem is afhankelijk van een groot aantal factoren, waaronder de samenstelling van de organische stof en de activiteit van de organismen die bij de afbraak zijn betrokken. Van de laatste zijn micro-organismen het meest belangrijk en hun activiteit wordt niet alleen bepaald door de samenstelling van het materiaal dat ze afbreken maar ook door temperatuur, vocht, bodemtextuur en bodemstructuur.

Algemeen wordt aangenomen dat de mineralisatie sterk afhankelijk is van de kwaliteit van de organische stof. Vaak worden daarvoor verschillende fracties organische stof onderscheiden: makkelijk afbreekbare, moeilijk afbreekbare en resistente fracties.

Hassink (1995) heeft belangrijk werk verricht in het onderzoek naar de mineralisatie in graslandsystemen en hij heeft een methode beschreven om de verschillende fracties organisch materiaal uit de bodem te isoleren, met behulp van een fysische scheidingstechniek gebaseerd

op soortelijke dichtheid. Hassink maakte onderscheid in drie verschillende organische stoffracties: licht (s.g. $< 1,13 \text{ g/cm}^3$), middelzwaar (s.g. $1,13\text{-}1,37 \text{ g/cm}^3$) en zwaar (s.g. $> 1,37 \text{ g/cm}^3$). Hij toonde aan dat de stikstofmineralisatie in grasland voor een groot gedeelte verklaard kon worden door het gehalte aan stikstof in de lichte fractie en dat die relatie onafhankelijk was van de textuur van de bodem. Daarmee had deze methode een groot voordeel boven andere methoden, waarvan de uitkomst vaak grondsoortafhankelijk is.

In dit project is onderzocht of er een relatie bestaat tussen de mineralisatie (zowel gemeten in het veld als onder laboratoriumcondities) en de samenstelling van de organische-stoffracties in de bodem.

1.1.3 Simulatiemodellen

Een dynamische voorspelling van de mineralisatie is alleen mogelijk indien steeds rekening wordt gehouden met de voortdurende variaties in temperatuur en neerslag. Daarnaast moet uiteraard rekening worden gehouden met factoren als de uitgangssituatie en de samenstelling van materialen die aan de bodem worden toegevoegd. Wanneer men ook de hoeveelheid N die beschikbaar is voor gewassen wil voorspellen, moet bovendien voortdurend rekening worden gehouden met die hoeveelheid die (reeds) door het gewas is opgenomen en met de hoeveelheid die verdwijnt naar grond- en oppervlaktewater of atmosfeer. Een dergelijke complexe situatie kan alleen worden overzien door gebruik te maken van computermodellen.

In dit project worden twee modellen gebruikt: NDICEA, dat is ontwikkeld aan de Landbouwuniversiteit Wageningen, en MOTOR, dat is ontwikkeld op AB-DLO. De belangrijkste verschillen en overeenkomsten tussen de modellen worden verderop in dit rapport besproken.

Ten behoeve van de vergelijking van de modelresultaten met de werkelijke toestand in het veld is niet alleen gedurende twee jaar op diverse tijdstippen het gehalte aan minerale stikstof bepaald, maar tevens de *in-situ* mineralisatie.

Het onderzoek moet leiden tot een drietal producten:

1. Een (eenvoudige) test om de stikstoflevering en stabiliteit van organische meststoffen te voorspellen.
2. Een (eenvoudige) test om de stikstoflevering en stabiliteit van de organische stof uit de bodem te voorspellen.
3. Een model waarmee de mineralisatie in het veld kan worden berekend.

1.2 Materiaal en methoden

1.2.1 Locaties

Het onderzoek heeft plaatsgevonden op diverse biologisch/ecologische en geïntegreerde bedrijven:

1. Bloembollen

2. Boomteelt
3. Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt

1.2.1.1 Bloembollen

Het onderzoek naar de mineralisatie in de (biologische) bloembollenteelt heeft plaatsgevonden op proefbedrijf 'De Noord' in Maartensbrug, Noord-Holland. Er waren twee bedrijfssystemen in het onderzoek opgenomen:

1. Biologische teeltsystemen (6-jarige rotatie: gras/klaver, lelie, gras/klaver, tulp, narcis en krokus). Hiervan werden twee percelen onderzocht; perceel 21 waarop bij de start in 1996 tulp werd verbouwd en perceel 26 waar gras/klaver stond.
2. Experimenteel Geïntegreerde teeltsystemen (4-jarige rotatie: lelie, tulp, narcis en krokus). In dit systeem werd perceel 1,2 onderzocht, waar bij de start krokus werd verbouwd.

1.2.1.2 Boomteelt

Het onderzoek bij de boomkwekerij vond plaats op de BSO locatie Noordbroek. Hier werd de mineralisatie in percelen met twee verschillende typen organische bemesting onderzocht (stalmest en GFT-compost). Op de percelen werden rozenonderstammen gekweekt.

1.2.1.3 Akkerbouw

Het onderzoek in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt vond plaats op drie bedrijven:

1. **De Lovinkhoeve te Marknesse (NOP).** Hier werd het effect van verschillende meststoffen en groenbemesters en het effect van grondbewerking (gangbare ploegdiepte 25 cm, ecoploegdiepte 12 cm en minimale grondbewerking van 5 cm) onderzocht. Het gewas in 1996 was ui, wat werd gevolgd door gras/luzerne.
2. **De OBS te Nagele (NOP).** Op de OBS werd de mineralisatie gevolgd op twee percelen (5 en 6) van het biologisch-dynamische teeltsysteem met een zesjarige rotatie: poot aardappelen-zomertarwe-knolselderij-ui/haver- vlinderbloemige-winterpeen-conservenerwten en braak. In 1996 werd op perceel 5 zomertarwe geteeld en op perceel 6 winterpeen.
3. **De Minderhoudhoeve te Swifterbant (Flevoland).** Op de Minderhoudhoeve werd bepaald wat het effect was van de ploegdiepte (gangbare ploeg en ecoploeg) op de mineralisatie van recent ondergeploegd grasland waarop in 1996 witte kool werd geteeld. Deze werd vergeleken met de mineralisatie van onbemest grasland.

1.2.2 Duur van het onderzoek

Het experimentele deel van het onderzoek is gestart in het voorjaar van 1996 en duurde tot het voorjaar van 1998.

1.2.3 Metingen

1.2.3.1 *In-situ* N-mineralisatie

De stikstofmineralisatie in het veld (*in-situ* N-mineralisatie) is gemeten volgens de methode van Raison et al. (1986). Hieronder volgt een korte beschrijving van de methodiek.

Op tijdstip $t = 0$ wordt het N-min-gehalte van de bodem bepaald in de laag 0-30 cm. Gelijktijdig worden pvc-buisjes met een lengte van 30 cm en een inwendige diameter van 7 cm in de bodem geplaatst. De buisjes worden afgedekt om te voorkomen dat er neerslag of meststoffen in terecht komen. Na een periode van 6-8 weken (of langer of korter indien gewenst) worden de buisjes met grond en al weer verwijderd en wordt het N-min-gehalte van de grond in de buisjes bepaald. Het verschil tussen de hoeveelheid N-min in de buisjes na 6-8 weken en die van $t = 0$ in de bodemlaag 0-30 cm is de hoeveelheid stikstof die in die periode door mineralisatie is vrijgekomen.

Na het verwijderen van de buisjes start de gehele procedure opnieuw, waardoor over een in principe onbeperkte periode de mineralisatie in het veld kan worden gevolgd. Eén van de voordelen van deze methode is dat de mineralisatie zoveel mogelijk onder veldcondities wordt gemeten. Een belangrijk nadeel is dat enig effect van een verandering in bodemvochtgehalte niet wordt waargenomen omdat de buisjes zijn afgedekt. Afdekken is echter noodzakelijk om uitspoeling van stikstof aan de onderzijde te voorkomen. Een ander nadeel is dat door het samendrukken van de bodem er condities ontstaan die denitrificatie kunnen bevorderen. Stikstof die door denitrificatie verdwijnt wordt met de gevolgde methodiek niet waargenomen.

De *in-situ* mineralisatie is gemeten door een perceel op te splitsen in drie sub-plots. In elke sub-plot werden telkens zeven pvc-buizen geplaatst. Op die manier was zowel de spreiding per sub-plot alsook de spreiding binnen een perceel te bepalen. In de tabellen en figuren is het gemiddelde weergegeven van de drie sub-plots. Op de meeste percelen werd het gehalte aan N-min buiten de buisjes bepaald door een mengmonster te nemen van een sub-plot. In dat geval werden er dus drie waarden voor N-min verkregen. In sommige gevallen is het N-min-gehalte bepaald door naast elk buisje in een sub-plot een monster te steken en in die gevallen werden er 21 waarden per bemonstering verkregen.

De *in-situ* mineralisatie is uitgedrukt in kg N per ha, wanneer er een periode van één jaar of de gehele periode van twee jaar in ogenschouw wordt genomen. Daarbij moet men rekening houden met het feit dat er soms korte of langere periodes waren dat er geen buizen in de grond konden staan. Daardoor is de periode waarin is gemeten soms onderbroken. Deze duur van onderbrekingen verschilde tussen bedrijven maar soms ook tussen percelen. Om een onderlinge vergelijking binnen of tussen percelen toch mogelijk te maken is de *in-situ* mineralisatie ook uitgedrukt in kg N per ha per week waarin is gemeten. Door een dergelijke normalisatie wordt een onderlinge vergelijking van percelen beter mogelijk.

1.2.3.2 Potentiële mineralisatie

De potentiële stikstofmineralisatie is de hoeveelheid stikstof die maximaal uit de bodem kan vrijkomen onder optimale condities voor vocht en temperatuur. De potentiële N-mineralisatie is gemeten in het laboratorium bij 20°C in gehomogeniseerde grondmonsters. Het gehalte aan

- N-min is bepaald op $t = 0$, na 2 weken en na 5 weken. Het verschil in het gehalte aan N-min op $t = 0$ en na 2 en 5 weken incubatie is ontstaan door de potentiële mineralisatie. De potentiële N-mineralisatie is uitgedrukt in mg N-min per kg grond per week of in kg per ha per week.

De potentiële koolstofmineralisatie is een maat voor de microbiële activiteit van de bodem. Deze is eveneens gemeten onder optimale condities voor temperatuur en vocht, door de hoeveelheid CO_2 die in 5 weken wordt gevormd op te vangen en te meten.

Alle potentiële mineralisatiemetingen zijn in drievoud uitgevoerd.

1.2.3.3 Mineralisatie van organische producten

Het begrip meststof wordt hier ruim geïnterpreteerd. Naast stalmest, drijfmest en bijvoorbeeld bloedmeel, vallen er ook alle plantaardige restmaterialen onder die in de teelten worden ondergewerkt of gebruikt, zoals stro, gras en klaver en papiercellulose dat in de bloembollenteelt wordt gebruikt. De lijst met producten die zijn getest staat vermeld in de resultatensectie.

De mineralisatie van organische producten is gemeten door een kleine hoeveelheid van het materiaal (6 g drogestof per kg grond) met zandgrond uit Haren te mengen en gedurende een aantal weken (maximaal 26) de hoeveelheid minerale stikstof en CO_2 die wordt geproduceerd te bepalen. Als controle fungeerde grond zonder meststof. De grond werd gedurende de meting geïncubeerd bij 20°C ; het vochtgehalte werd op ca. 60% van de maximale vochtcapaciteit (60% WHC) gebracht en gehouden door de grond af te dekken met een zuurstofdoorlatende folie.

In sommige gevallen (bijvoorbeeld bij papierpulp) werd de grond vochtiger dan de gewenste 60% WHC. In die gevallen zijn ook de controles bij hogere vochtgehaltenes geïncubeerd. Verder is in enkele gevallen het product niet alleen door de grond gemengd maar tevens oppervlakkig op de grond aangebracht (papiercellulose, bloedmeel). Waar nodig (bij stro, vaste mest met stro, bladmateriaal etc.) is het materiaal verkleind tot stukken met een lengte van ca. 1 cm. In alle andere gevallen is het product zonder verkleining in de grond aangebracht. De hoeveelheid N-min in de grond op $t = 2$ en $t = 5$ weken minus de hoeveelheid op $t = 0$ is de hoeveelheid N die gevormd is als gevolg van mineralisatie. In het geval van koolstof gaat het om de totale CO_2 -productie gedurende de incubatietijd van 26 weken. Het verschil tussen de mineralisatie in de grond met meststof en de grond zonder meststof is de mineralisatie uit de meststof.

De stikstofmineralisatie van organische producten is uitgedrukt als kg N per ton droog materiaal. De koolstofmineralisatie is uitgedrukt als het percentage C dat is verdwenen t.o.v. de toegevoegde hoeveelheid C in het materiaal

1.2.3.4 Kwaliteit van organische stof uit bodemmonsters

De kwaliteit van organische stof in de bodem is bepaald door middel van fractionering van organische stof uit bodemmonsters zoals is beschreven door Hassink (1995), met dien verstande dat er van de zeeffractie $> 150 \mu\text{m}$ geen drie maar twee gewichtsfracties werden geïsoleerd (s.g. $< 1,13$ en s.g. $> 1,13$). De reden hiervoor was dat de verschillen in samenstelling en gedrag tussen de middelzware fractie en de zware fractie erg klein waren gebleken. Daarnaast werd de organische stof die was gebonden aan bodemdeeltjes van < 20 en $20\text{-}150 \mu\text{m}$ geïsoleerd.

1.2.4 Analyses

1.2.4.1 Chemische analyses

Organische producten

De organische producten zijn geanalyseerd op de volgende gehalten: drogestof, N-totaal en N-oplosbaar, C-totaal en C-oplosbaar. Oplosbaar N en C is gemeten na uitschudden gedurende 60 minuten van vers materiaal (2 g drogestof) in 100 ml 0,1 M CaCl.

Vezelsamenstelling

De meststoffen zijn tevens geanalyseerd op het gehalte aan cellulose, hemicellulose en lignine volgens de methode Goering & Van Soest (1970).

Bodem-organische stof

Bodem-organische stof is geanalyseerd op de volgende gehalten: drogestof, N-totaal, C-totaal en (in sommige gevallen) ruw as.

Bodem

De bodemmonsters zijn geanalyseerd op de volgende gehalten: drogestof, organische stof en N-mineraal.

1.2.4.2 Statistische analyse

Analyse van de resultaten is uitgevoerd m.b.v. regressie-analyse en variantie-analyse (ANOVA; GENSTAT Release 3.2).

1.3 Resultaten

1.3.1 Mineralisatie van organische producten

Bij de geïntegreerde en biologische teelten worden diverse organische materialen toegepast. Sommige daarvan fungeren als meststof (GFT, stalmest), andere als groenbemester (gele mosterd, gras/klaver) en weer andere als afdekmiddel (stro, papiercellulose) en tenslotte blijven er in veel teelten gewasresten op het land achter.

Van diverse organische materialen die in 1996 en 1997 op de diverse bedrijven zijn gebruikt is vastgesteld hoeveel stikstof ze leveren binnen 12 weken onder optimale vocht- en temperatuurcondities en hoe stabiel ze zijn. De stabiliteit is bepaald door de koolstofafbraak te meten over eveneens 12 weken.

Verder is van de producten een vrij groot aantal chemische en fysische eigenschappen bepaald.

Eerst worden de resultaten van de N-mineralisatie en C-mineralisatie besproken, zodat er een indruk wordt gekregen van de hoeveelheden stikstof die een teler uit dergelijke materialen kan verwachten en van de snelheid waarmee N vrijkomt. De mate van stabiliteit geeft een idee van

de bijdrage van het materiaal aan de opbouw van organische stof in de bodem. Daarna wordt de relatie met de fysisch-chemische eigenschappen van de producten besproken.

1.3.1.1 N-mineralisatie uit organische producten

De organische producten die zijn getest en de stikstof die daaruit vrijkomt gedurende 26 weken incubatie bij 20°C staan vermeld in Tabel 1; daarin staat tevens vermeld hoe groot de stabiliteit van het product in de bodem is (als % C van de toegediende C die is verdwenen na 26 weken).

De meeste stikstof werd geleverd door bloedmeel (47 kg N per ton). Ook drijfmest en gele mosterd leveren vrij veel stikstof. Stro daarentegen immobiliseerde vrij veel stikstof (tussen 0 en 11 kg), evenals papiercellulose (tussen 4 en 16,6 kg). Compost leverde opvallend weinig stikstof, zowel GFT-compost als compost van bolgewassen. Compost is dus geen goede N-meststof.

Compost (alle geteste soorten) en het gebruikte veenproduct hadden de laagste koolstofafbraak en daarmee dus de hoogste stabiliteit. Ook stalmest werd relatief langzaam afgebroken. Vinasse en een aantal gewasresten hadden de laagste stabiliteit. Een negatieve C-mineralisatie, zoals bij sommige compostproeven werd gevonden, betekent dat toevoeging van deze compost aan de bodem resulteerde in een lagere ademhaling, wat zou kunnen duiden op een remmende werking van de compost op de biologische activiteit van die bodem.

Voor het opbouwen en op peil houden van het organische-stofgehalte van de bodem voldoet het veenproduct het beste. Compost heeft weliswaar een hoge stabiliteit, maar het organische-stof-gehalte is betrekkelijk laag (zie Bijlage I), waardoor er per ton materiaal veel minder organische stof wordt toegediend dan bij het veenproduct. Ook stalmest levert een vrij stabiele organische stof.

In het algemeen geldt dat producten die veel stikstof leveren over het algemeen een vrij lage stabiliteit hebben. Daardoor is hun bijdrage als N-leverende meststof aanzienlijk, maar hun bijdrage aan de opbouw van organische stof in de bodem beperkt.

Tabel 1. Stikstof- en koolstofmineralisatie van organische producten.

Materiaal	N-mineralisatie (kg N per ton)	% C-afbraak
Bloedmeel	46,62	45,5
Drijfmest	32,24	17,8
Gele mosterd	31,53	51,3
Bladkool N1.wortel	23,08	72,9
Gras/klaver	22,46	53,7
Rogge N2 blad	22,45	66,2
Bladkool N1.blad	22,00	52,9
Vinasse	20,52	80,5
Bladkool N1.stengel	19,94	67,4
Rogge N1 blad	18,67	65,8
Gras/klaver blad	18,02	61,4
Gras/klaver blad-97	15,83	29
Rogge Noblad	10,95	64
Rogge N1 wortel	10,59	38,5
Rogge N2 wortel	5,66	39,8
Potstalmest	4,23	5,9
Gras/klaver wortel	4,21	25,2
Rogge N0 wortel	0,71	34,8
Compost	-1,33	-4,1
Eigen compost LBO 25/11/97	-1,80	6
GFT LBO 10-5-1996	-1,96	3,8
GI-compost LBO 1997	-2,11	-8,8
Bio-compost-97	-2,78	-7,4
Eigen compost LBO 7-10-1996	-3,17	0,5
Papiercellulose 1997	-3,57	23,8
Veenproduct LBO	-4,16	-0,8
Stro LBO 97	-4,91	46,3
Oud stro LBO 18-11-1996	-6,83	28,7
Oud stro LBO 10-5-1996	-11,16	39,4
Papiercellulose 1996	-16,58	59,3

1.3.1.2 Effect van het onderwerken van producten

Een aantal producten in de bloembollenteelt wordt niet in de grond ingewerkt, maar blijft aan de oppervlakte liggen. Hierbij moet men bijvoorbeeld denken aan stro en papiercellulose, dat als afdek materiaal wordt gebruikt. Ook worden meststoffen (bloedmeel) soms oppervlakkig aangebracht.

In een apart experiment is onderzocht of het onderwerken of oppervlakkig aanbrengen van invloed is op de N-mineralisatie. In een deel van de proeven is stro, papiercellulose of bloedmeel door de grond gewerkt en in een ander deel is het oppervlakkig aangebracht. Gedurende 12 weken is op gezette tijden de hoeveelheid N-mineraal en de CO₂ die is gevormd gemeten.

De resultaten staan vermeld in Figuur 1 (stro) ; Figuur 2 (papiercellulose) en Figuur 3 (bloedmeel).

Het inwerken of oppervlakkig aanbrengen van stro resulteerde in hogere N-immobilisatie (Figuur 1A) en een lagere koolstofafbraak (Figuur 1B).

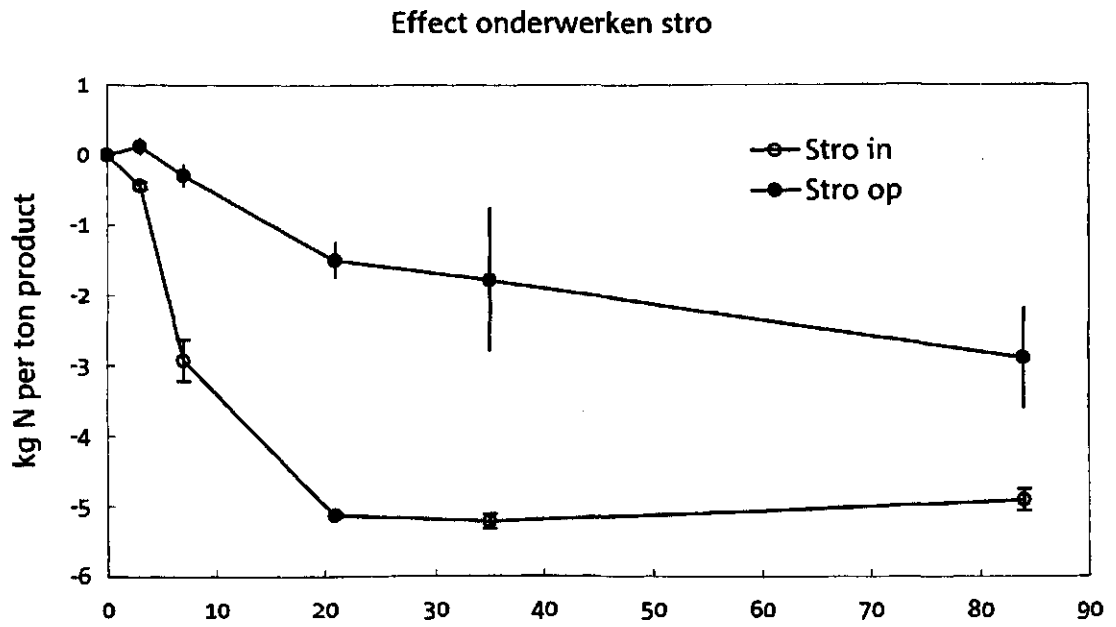
Bij papiercellulose had het inwerken geen effect op de N- en C-mineralisatie (Figuur 2A en B). Het toevoegen van minerale stikstof aan de bodem had wel een effect (zie volgende paragraaf). De N-immobilisatie werd wat hoger (Figuur 2A) en de C-afbraak was eveneens hoger.

Het inwerken van bloedmeel resulteerde in een significant lagere N-mineralisatie dan het oppervlakkig aanbrengen (50 vs. 70 kg N per ton drogestof, Figuur 3A). Het kleine verschil in C-afbraak was niet significant (Figuur 3B). Een verklaring voor de lagere N-mineralisatie na inwerken is moeilijk te geven. Mogelijk dat er door de snelle afbraak in de bodem een gebrek aan zuurstof is opgetreden, waardoor een deel van de gevormde minerale N is gedenitrificeerd. Dit is echter niet nader onderzocht.

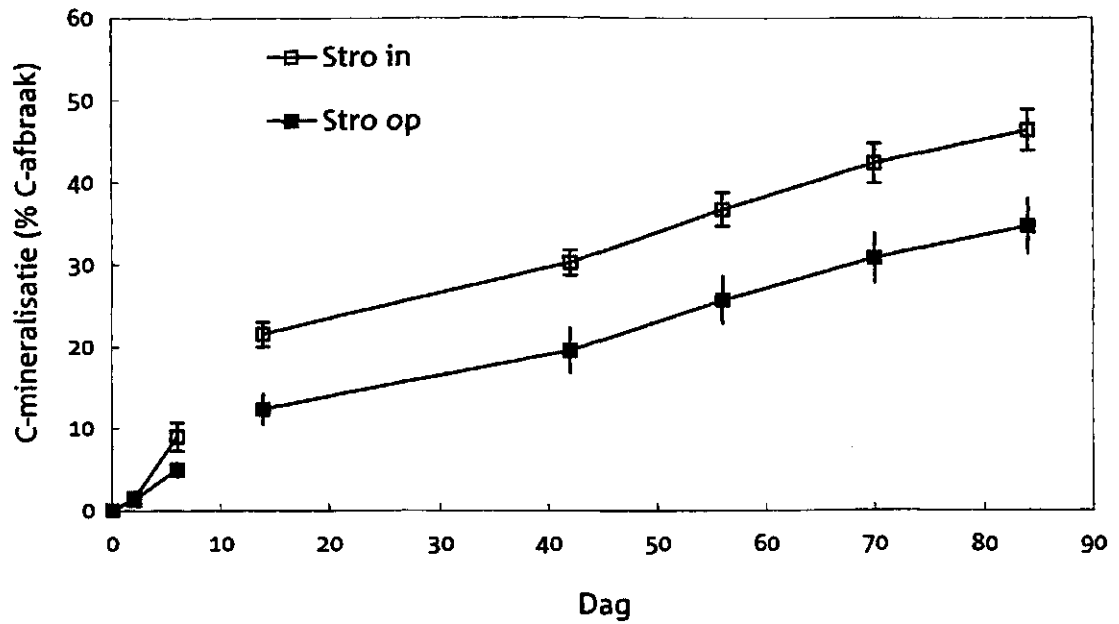
1.3.1.3 Het effect van extra minerale N op de mineralisatie van C-rijke materialen

Koolstofrijke materialen kunnen stikstof vastleggen tijdens de afbraak. Dit proces van immobilisatie werd o.a. waargenomen bij stro en bij papiercellulose. In een apart experiment met papiercellulose is onderzocht wat het effect van het toevoegen van extra minerale N (30 mg per kg grond) op de immobilisatie was. Het resultaat staat weergegeven in Figuur 2A en B.

A



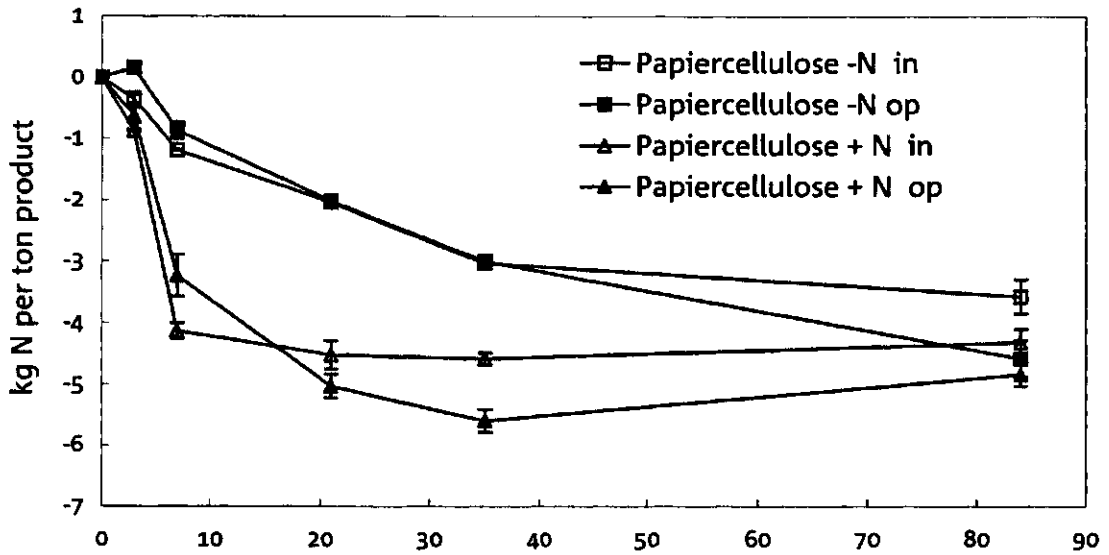
B



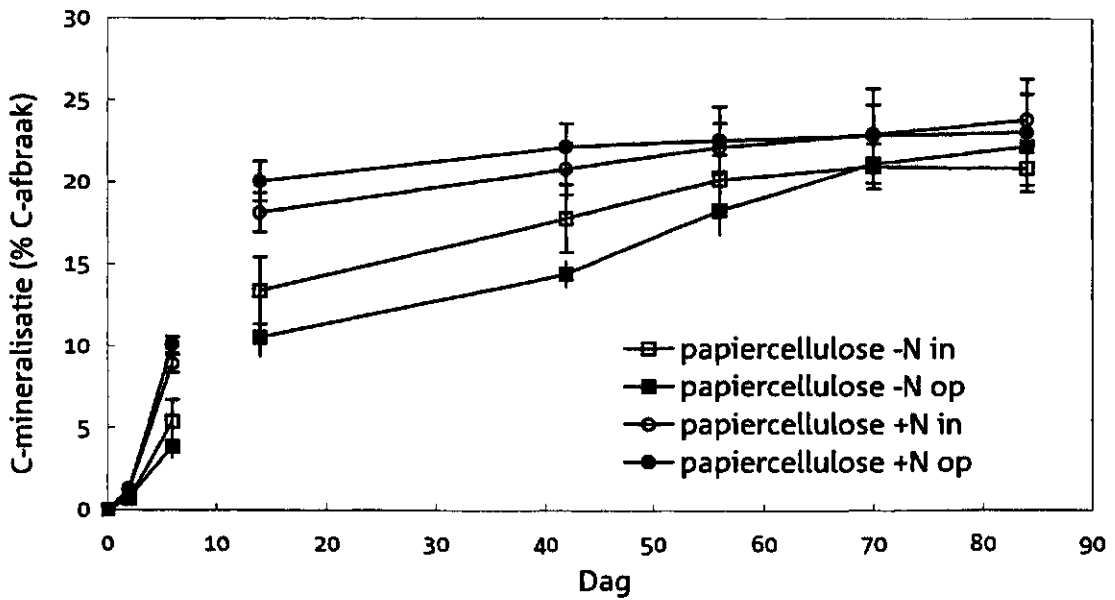
Figuur 1. De stikstof- (A) en koolstof- (B) mineralisatie van stro en het effect van oppervlakkig aanbrengen of onderwerken van de materialen.

Effect onderwerken papiercellulose

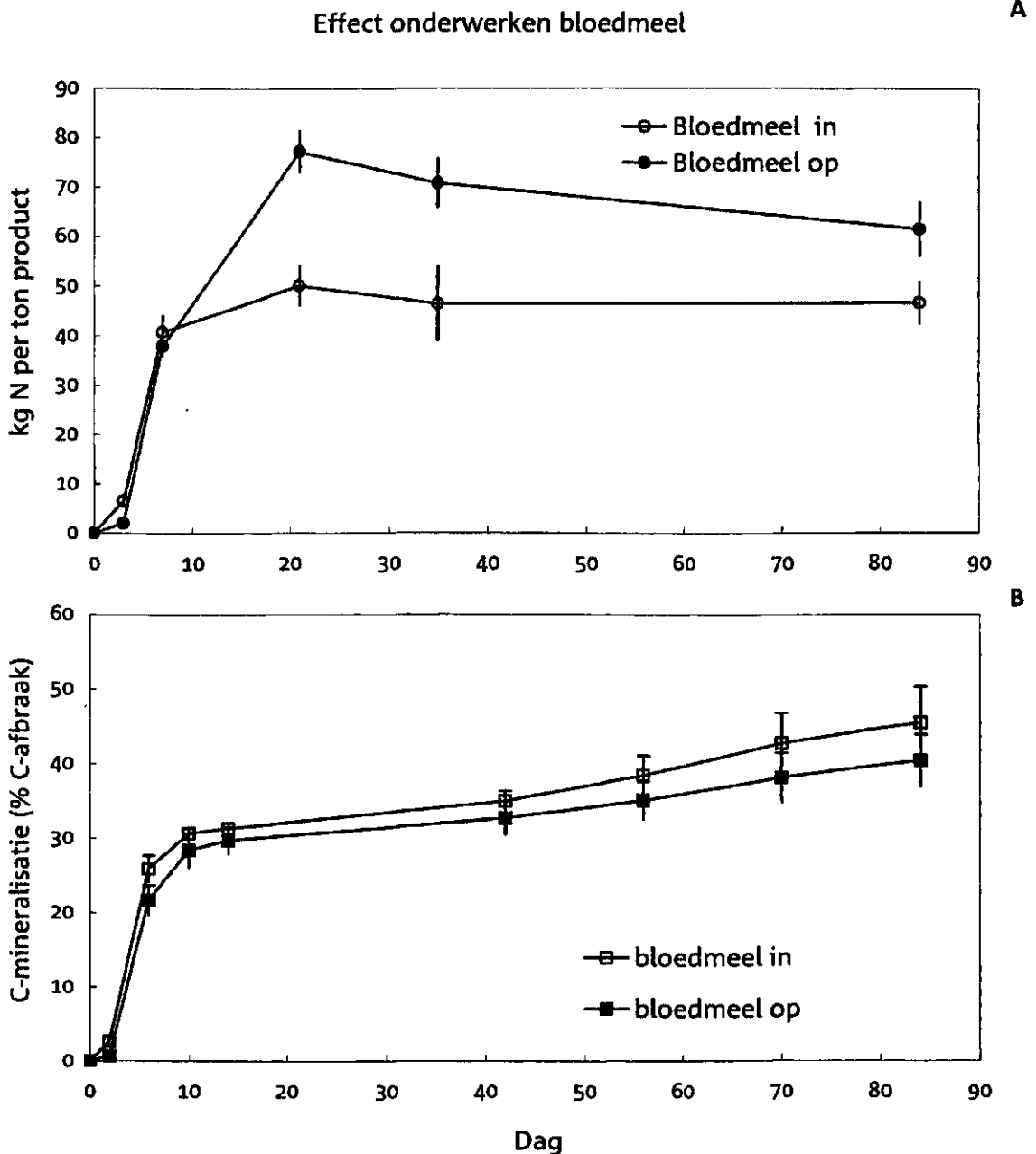
A



B



Figuur 2. De stikstof- (A) en koolstof- (B) mineralisatie van papiercellulose en het effect van oppervlakkig aanbrengen of onderwerken van de materialen.



Figuur 3. De stikstof- (A) en koolstof- (B) mineralisatie van bloedmeel en het effect van oppervlakkig aanbrengen of onderwerken van de materialen.

Het toevoegen van extra minerale N aan de bodem resulteerde in een hogere immobilisatie en er was opnieuw geen verschil tussen inwerken of oppervlakkig aanbrengen. De hoeveelheid N die werd geïmmobiliseerd was even groot als de hoeveelheid minerale N die was toegevoegd aan de grond. Wel werd duidelijk dat er zonder toevoeging van extra stikstof N-limitatie optrad. Zonder extra stikstof daalde het N-mineraal-gehalte tot 0,5 mg per kg grond, met extra stikstof tot ca. 5 mg N per kg grond.

De mate van C-afbraak veranderde niet door het toevoegen van extra N. Het percentage C dat was verdwenen na 12 weken was in alle gevallen ongeveer 22%. Wel verliep het proces sneller

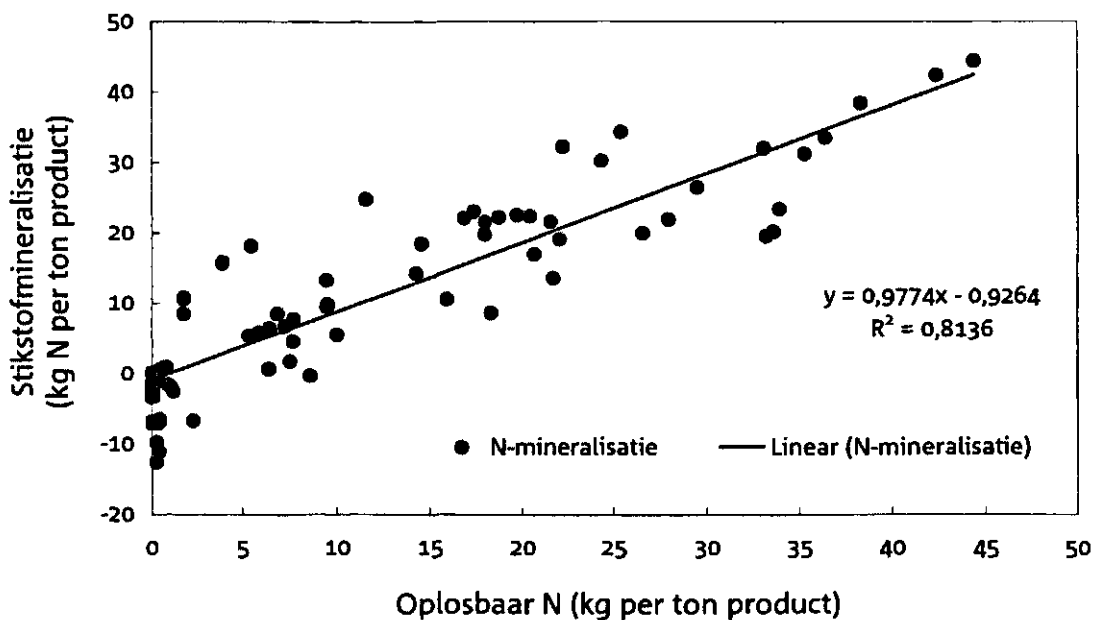
na toevoegen van extra stikstof. Hieruit kan worden afgeleid dat in het experiment zonder extra stikstof, stikstof de beperkende factor was.

1.3.1.4 Relatie N-mineralisatie en samenstelling product

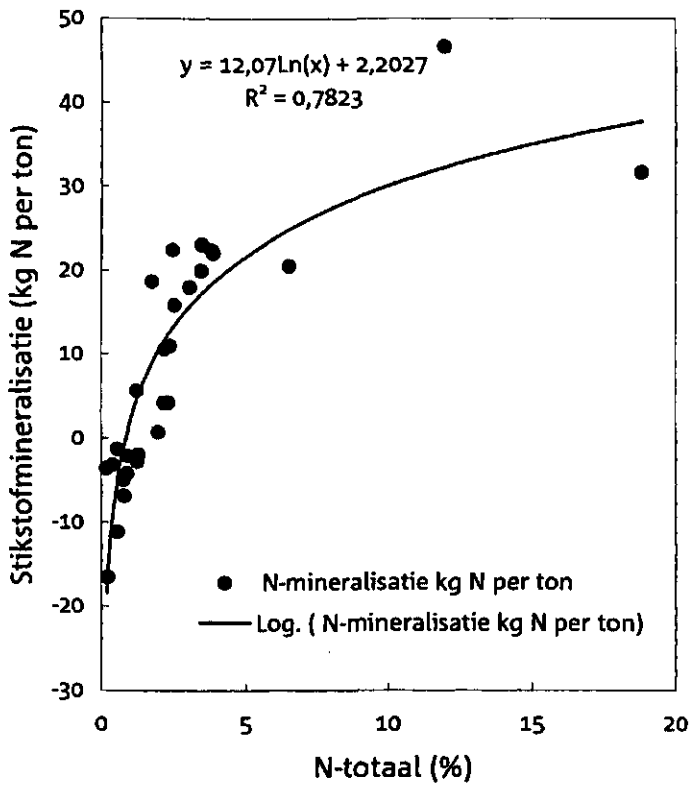
Van de meeste producten is de chemische (totaal en oplosbaar C en N) en de vezelsamenstelling (cellulose, hemicellulose en lignine) bepaald. Er is onderzocht of er relaties bestonden tussen de samenstelling van het product en de mineralisatie en stabiliteit. Er bestond een betrouwbare lineaire relatie tussen de stikstofmineralisatie en het gehalte aan oplosbaar N (verklaard percentage variantie, $R^2 = 81\%$) De relatie tussen de N-mineralisatie en het gehalte aan oplosbaar stikstof staat weergegeven in Figuur 4. De enige uitzondering vormde bloedmeel, waaruit relatief meer N vrijkwam.

Ook was er een betrouwbare lineaire relatie tussen de N-mineralisatie en het gehalte aan totaal stikstof (Figuur 5; $R^2 = 44\%$), maar het verband werd beter beschreven door het gehalte aan oplosbaar stikstof. Tussen de C/N-ratio van het materiaal en de N-mineralisatie bestond een negatief exponentieel verband (Figuur 6; $R^2 = 54\%$).

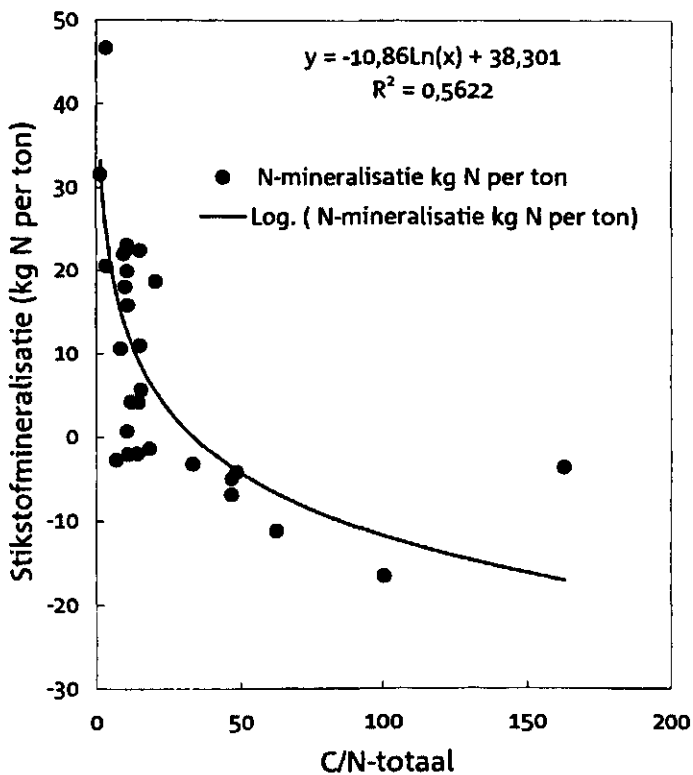
Tussen de koolstofafbraak en het gehalte aan oplosbaar C bestond een positieve exponentiele relatie (Figuur 7; $R^2 = 58\%$).



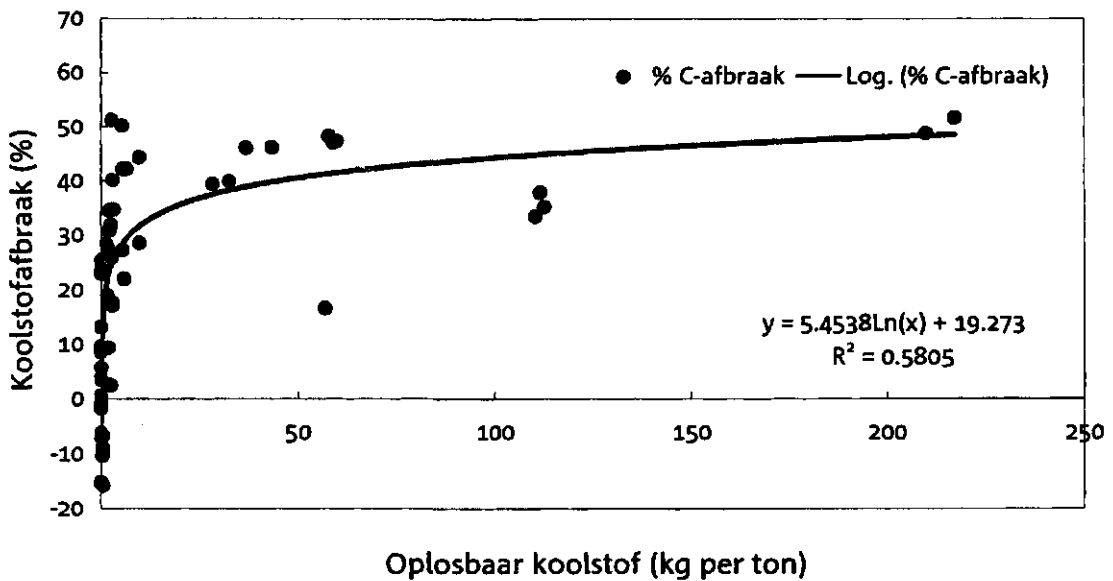
Figuur 4. Relatie tussen het oplosbaar-stikstofgehalte en de stikstofmineralisatie van de organische producten.



Figuur 5. Relatie tussen het totaal stikstofgehalte en de stikstofmineralisatie van de organische producten.



Figuur 6. Relatie tussen het C-N quotiënt en de stikstofmineralisatie van de organische producten.



Figuur 7. Relatie tussen het oplosbaar koolstofgehalte en de koolstofmineralisatie van de organische producten.

De relatie met de overige parameters was zeer zwak of totaal afwezig. De stikstofmineralisatie kon dus het best worden voorspeld met behulp van het gehalte aan oplosbaar stikstof, gevolgd door de C/N-ratio en daarna door het totaalgehalte aan N.

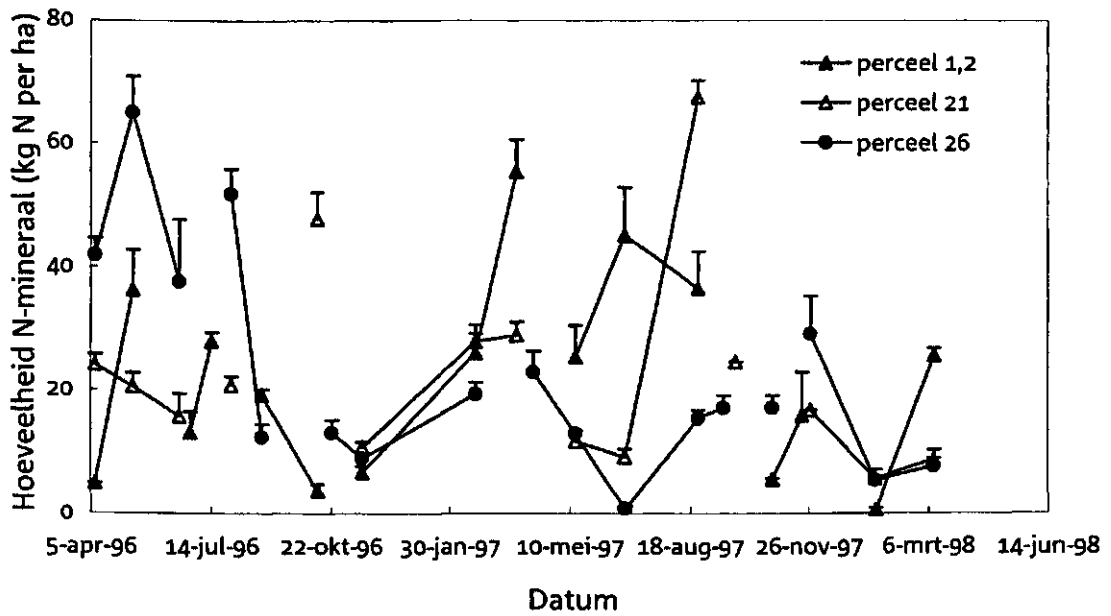
1.3.2 Mineralisatie *in-situ* en de potentiële mineralisatie

Bij de beschrijving van de resultaten van de mineralisatie *in-situ* en de potentiële mineralisatie worden de resultaten per locatie weergegeven. De reden hiervoor is dat de situatie en ook de verschillende metingen per bedrijf nogal verschilden van elkaar, waardoor een aparte beschrijving per bedrijf noodzakelijk wordt. Een aantal metingen is op de meeste bedrijven verricht en met name hierop is een synthese van de resultaten gebaseerd die aan het eind van dit rapport wordt gegeven.

1.3.2.1 Bloembollen

N-mineraal in de bodem

Omdat voor de *in-situ* mineralisatie tevens de gehalten aan N-min in de bodem zijn gemeten kan tevens voor de gehele meetperiode het N-min-gehalte in de bodem worden gegeven. Het gehalte aan N-min in perceel 1,2 (experimenteel-geïntegreerd, GI) varieerde tussen 0 en bijna 60 kg per ha (Figuur 8). Het was in beide jaren relatief hoog in de periode van mei t/m september en relatief laag in de periode daartussen.



Figuur 8. De hoeveelheid N-mineraal in de bouwvoor van de drie geteste percelen op proefbedrijf De Noord gedurende de meetperiode (kg N per ha).

In het biologische (BIO) perceel 21 varieerde het N-min-gehalte tussen ca. 2 en ca. 70 kg per ha. De hoogste waarden werden gemeten in de late zomer-vroege herfst. In het biologische perceel 26 varieerde het N-min-gehalte tussen 0 en ca. 65 kg per ha. Op dit perceel waren de gehalten hoog in de zomer van 1996; daarna bleven ze in het algemeen beneden de 20 kg per ha. De gemiddelde N-min-gehalten over de gehele meetperiode staan weergegeven in Tabel 2. De verschillen zijn statistisch niet significant.

Tabel 2. Gemiddelde N-min-gehalten op de drie percelen van De Noord.

	Perceel			LSD
	1,2	21	26	
N-mineraal (kg/ha)	22,3	23,0	22,3	2,4

Mineralisatie

De *in-situ* mineralisatie is continu gemeten vanaf april 1996 t/m april 1998; deze mineralisatie op de drie percelen 1,2, 21 en 26 van 'De Noord' is weergegeven in Tabel 3; daaruit valt af te leiden hoeveel minerale N er over de gehele periode is gevormd. Doordat er soms gedurende een zekere periode niet kon worden gemeten is een vergelijking tussen de percelen over de gehele periode van twee jaar niet mogelijk. Het totaal van perceel 21 kan bijvoorbeeld lager zijn doordat het perceel onder water stond vanwege een nematode-besmetting. Een onderlinge vergelijking wordt beter mogelijk wanneer de mineralisatie wordt uitgerekend over die perioden waarin werkelijk is gemeten en vervolgens wordt genormaliseerd door het uit te drukken in kg per ha per week. Dit is weergegeven in Figuur 9 en als gemiddelde waarde over de gehele meetperiode in Tabel 4. De verschillen tussen de percelen waren statistisch niet significant.

Tabel 3. *In-situ* mineralisatie op De Noord, kg N per ha, std = standaarddeviatie.

Datum	kg per ha			std		
	Perceel 1,2	Perceel 21	Perceel 26	Perceel 1,2	Perceel 21	Perceel 26
10-mei-96	17,2	35,3	22,8	5,6	26,1	33,9
18-jun-96		35,5	36,5		20,6	46,8
27-jun-96	14,2			14,4		
15-jul-96		27,9			12,1	
31-jul-96			62,7			34,9
2-aug-96						
26-aug-96	20,6		5,4	11,6		28,1
11-okt-96	12,2		20,8	9,3		12,1
18-nov-96	13,3	10,9	14,9	5,1	13,6	5,4
21-feb-97	15,8	19,6	13,3	4,0	7,3	4,4
13-mrt-97	-0,1			9,1		
27-mrt-97		1,0			9,5	
10-apr-97			16,1			12,7
15-mei-97	30,2	9,4	12,0	41,5	7,6	7,5
25-jun-97	59,9	28,4	25,0	28,1	7,7	10,4
25-aug-97	60,8	22,0	36,9	30,3	5,3	13,8
16-sep-97			13,2			11,7
26-sep-97		18,1			25,5	
28-okt-97	22,6	7,7	22,3	16,2	17,4	9,8
13-nov-97	8,2			3,1		
28-nov-97		30,1	27,0		6,2	11,4
21-jan-98	22,9	34,7	0,6	17,6	9,4	5,8
11-mrt-98	21,1	34,2	18,5	5,9	13,3	4,9
21-apr-98	27,7	16,6	29,5	21,0	5,0	10,1
Totaal '96-'97	93,2	130,3	192,4			
Totaal '96-'98	346,6	331,5	377,4			

Tabel 4. Gemiddelde *in-situ* N-mineralisatie op de drie percelen van De Noord (in kg N per ha per week).

	Perceel			LSD
	1,2	21	26	
N-mineralisatie	3,52	3,76	3,90	0,576

De mineralisatie in perceel 1,2 bedroeg over de gehele meetperiode ruim 345 (93) kg N per ha; tussen haakjes staat de hoeveelheid in de periode '96-'97. De mineralisatie in de biologische percelen bedroeg ruim 330 (130; perceel 21) en ruim 375 (192; perceel 26) kg per ha. Uitgedrukt per week en genormaliseerd over de gemeten periode bedroeg de mineralisatie 3,5 kg N per ha per week op het geïntegreerde perceel en 3,8 en 3,9 kg op de biologische percelen. De maxi-

mum hoeveelheden die in één week gevormd kunnen worden waren soms hoog (meer dan 10 kg per ha).

Op GI was de mineralisatie in het eerste jaar lager en op beide BIO-percelen was de mineralisatie in het eerste jaar hoger dan in het tweede jaar.

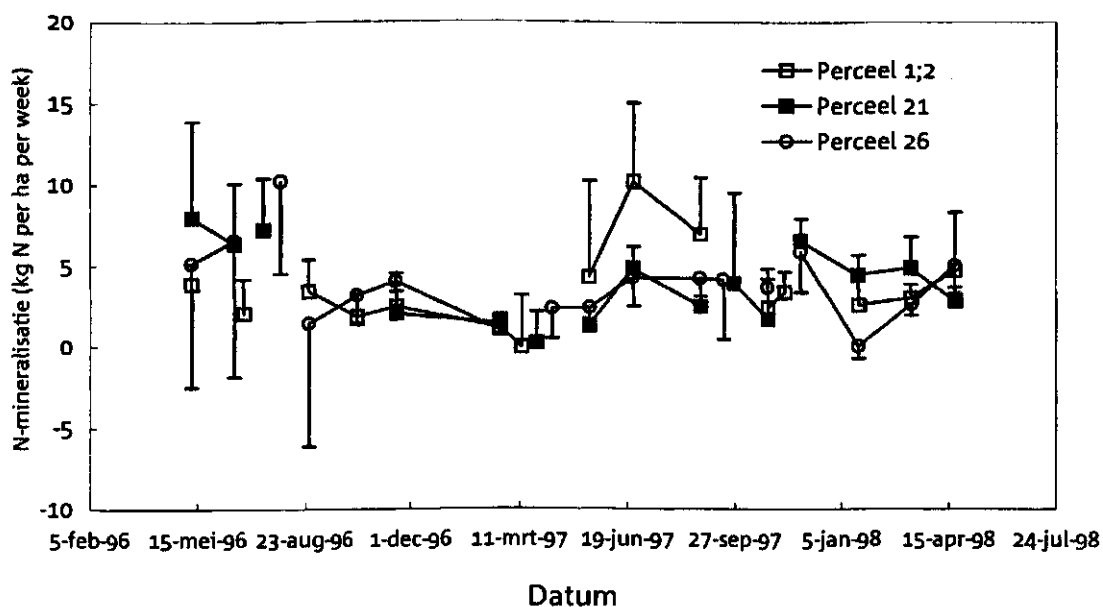
Uit het N-min gehalte op de achtereenvolgende tijdstippen en de hoeveelheid N die in de tussenliggende periode mineraliseert kon het volgende worden afgeleid:

1. de hoeveelheid N-min die vanuit de bodem beschikbaar kwam in een bepaalde periode (N-min bodem op $t = 0$ + N-min uit mineralisatie tussen $t = 1$ en $t = 0$),
2. de hoeveelheid die er nog over was in de bodem op $t = 1$.

Het verschil tussen 1 en 2 is de hoeveelheid N-min die is verdwenen door gewasopname, uitspoeling en denitrificatie en immobilisatie. Immobilisatie speelt bij het verdwijnen van minerale N waarschijnlijk een minder grote rol omdat er ook in de pvc-buizen immobilisatie kan plaatsvinden (alleen het effect van immobilisatie als gevolg van wortel exudatie wordt uitgesloten in de buizen).

De totale hoeveelheid N die op deze manier is verdwenen was in de percelen 1,2 en 21 ca. 310 kg en in perceel 26 ruim 370 kg N per ha. De hoeveelheid op perceel 21 wordt onderschat door de inundatie in de zomer van 1996. Daardoor is veel van de drijfmeststikstof die vlak daarvoor werd gegeven niet in de metingen terug te vinden, zodat de conclusie kan luiden dat er op de biologische percelen in totaal meer N is verdwenen dan op GI (ca. 60 kg over twee jaar).

De geschatte opname op perceel 1,2, perceel 21 en perceel 26 bedroeg respectievelijk 146, 117 en 112 kg N per ha (informatie Anne Marie van Dam, LBO). Afgaande op deze cijfers is de N-efficiëntie (= opgenomen N / beschikbare N) op GI ca. 47% en op BIO tussen de 30 en 37%.



Figuur 9. De *in-situ* N-mineralisatie in de bouwvoor van de drie geteste percelen op proefbedrijf De Noord gedurende de meetperiode (kg N per ha per week).

Er bestond een grote spreiding in de gemeten *in-situ* mineralisatiecijfers (zie Figuur 9); niet alleen tussen de waarden van de drie sub-plots, maar ook tussen de zeven buizen in elke sub-plot. Het gevolg ervan is dat de verschillen tussen de percelen statistisch niet betrouwbaar zijn.

Potentiële mineralisatie

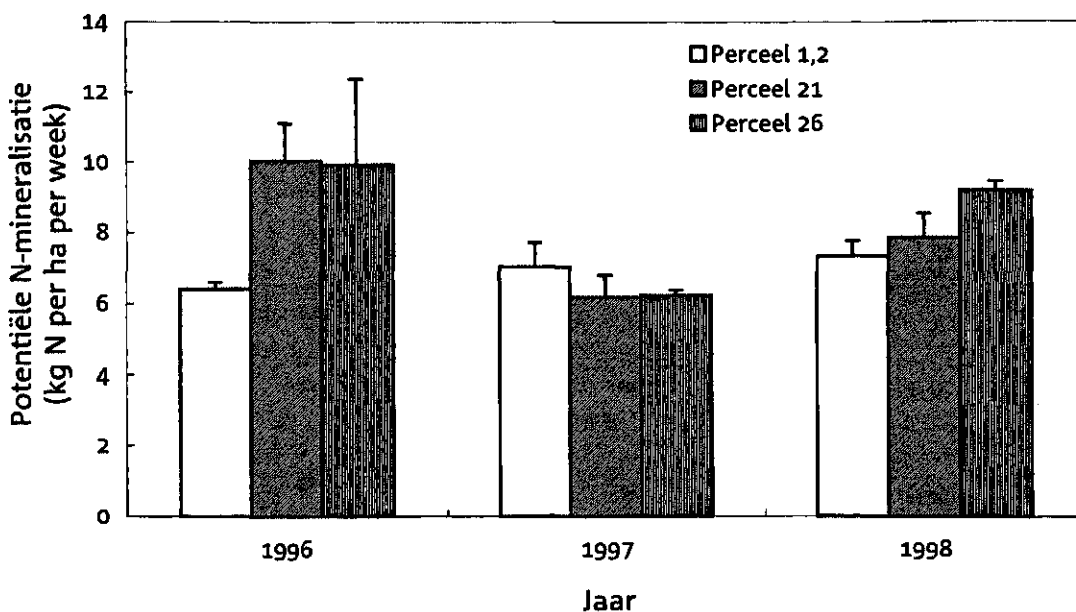
De potentiële mineralisatie is op drie tijdstippen bepaald in 1996, 1997 en 1998, telkens in het voorjaar.

Stikstof

De resultaten per jaar staan weergegeven in Figuur 10. De gemiddelden over de drie jaar staan weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5. Gemiddelde potentiële N-mineralisatie op de drie percelen van De Noord (in mg N per kg per week).

	Perceel			LSD
	1,2	21	26	
N-mineralisatie	1,9	2,27	2,37	0,38



Figuur 10. De potentiële N-mineralisatie in het voorjaar in de bouwvoor van de drie geteste percelen op proefbedrijf De Noord gedurende de meetperiode (kg N per ha per week).

De gemiddelde N-mineralisatie over de drie jaren bedroeg bijna 1,9 mg N per kg grond per week voor het geïntegreerde systeem, bijna 2,3 voor het ene (perceel 21) en ruim 2,3 mg N per kg per week voor het andere biologische systeem. Het verschil tussen het geïntegreerde perceel en de biologische percelen was significant, maar er waren duidelijke verschillen per jaar, want er bestond een significante interactie tussen perceel en jaar (zie ook Figuur 10).

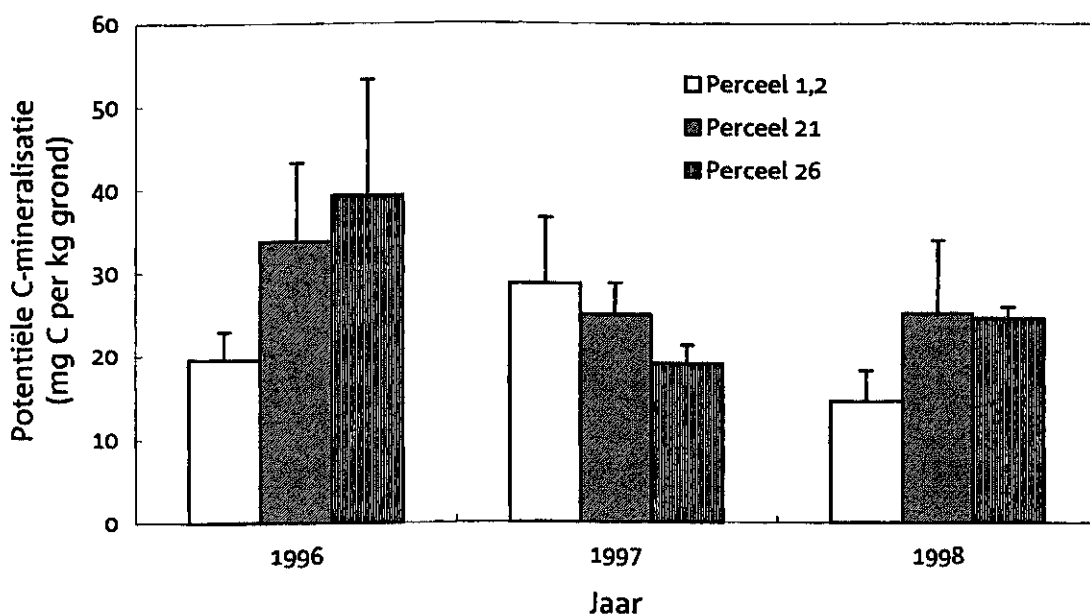
Wanneer de potentiële mineralisatie wordt uitgedrukt in kg N per ha per week was deze bijna 2 keer zo groot als de gemiddelde *in-situ* mineralisatie. Verder viel op dat voor beide metingen dezelfde tendens bestond: GI was lager dan BIO. Net als bij de *in-situ* mineralisatie geldt echter ook voor de potentiële mineralisatie dat de spreiding binnen de behandelingen te groot was om statistisch betrouwbare verschillen vast te stellen tussen behandelingen en jaren.

Tabel 6. Gemiddelde potentiële C-mineralisatie op de drie percelen van De Noord (in mg C per kg grond (cumulatief over 5 weken)).

	Perceel			LSD
	1,2	21	26	
C-mineralisatie	24,5	27,6	22,7	5,16

Koolstof

De gemiddelde C-mineralisatie over drie jaar staat in Tabel 6. De C-mineralisatie per jaar staat in Figuur 11.



Figuur 11. De potentiële C-mineralisatie in het voorjaar in de bouwvoor van de drie geteste percelen op proefbedrijf De Noord gedurende de meetperiode (mg C per kg grond gedurende 5 weken).

Gemiddeld over de drie jaren is er geen verschil in de C-mineralisatie van de bodem; d.w.z. dat de stabiliteit van de organische stof ongeveer gelijk is. Echter, in het eerste en laatste jaar was de mineralisatie het hoogst in de biologische percelen en in het jaar 1997 in het geïntegreerde perceel (Figuur 11). Dit patroon kwam in grote lijnen overeen met dat van de stikstofmineralisatie. (vgl. Figuur 10 en 11).

Denitrificatie

Denitrificatie is niet systematisch bepaald, maar slechts op één moment in perceel 21 (voorjaar 1998) om een indruk te krijgen van de hoeveelheid N die eventueel door denitrificatie kan verdwijnen.

De resultaten staan weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7. Actuele en potentiële denitrificatie (kg N verlies per ha per week) in perceel 21 van De Noord.

	Laag	
	0-30 cm	30-50 cm
Actuele denitrificatie	0,42	1,175
Potentiële denitrificatie	3,255	7,735

De actuele denitrificatie was laag, vnl. als gevolg van het lage nitraatgehalte in de bodem. Echter, na toevoegen van extra nitraat steeg de denitrificatie. Dit betekent dat, wanneer er voldoende nitraat aanwezig is, er in de laag tussen 30 en 50 cm meer dan een kilo stikstof per ha per dag kan verdwijnen, tenminste wanneer de temperatuur dat toelaat. Dit betekent dat in elk geval gedurende de zomer en vroege herfst een vrij groot deel van de nitraatstikstof die niet in het gewas terecht komt, niet per se hoeft uit te spoelen naar het grondwater, maar als moleculaire stikstof kan verdwijnen. Bij lage temperaturen zal de nitraat naar het grondwater verdwijnen.

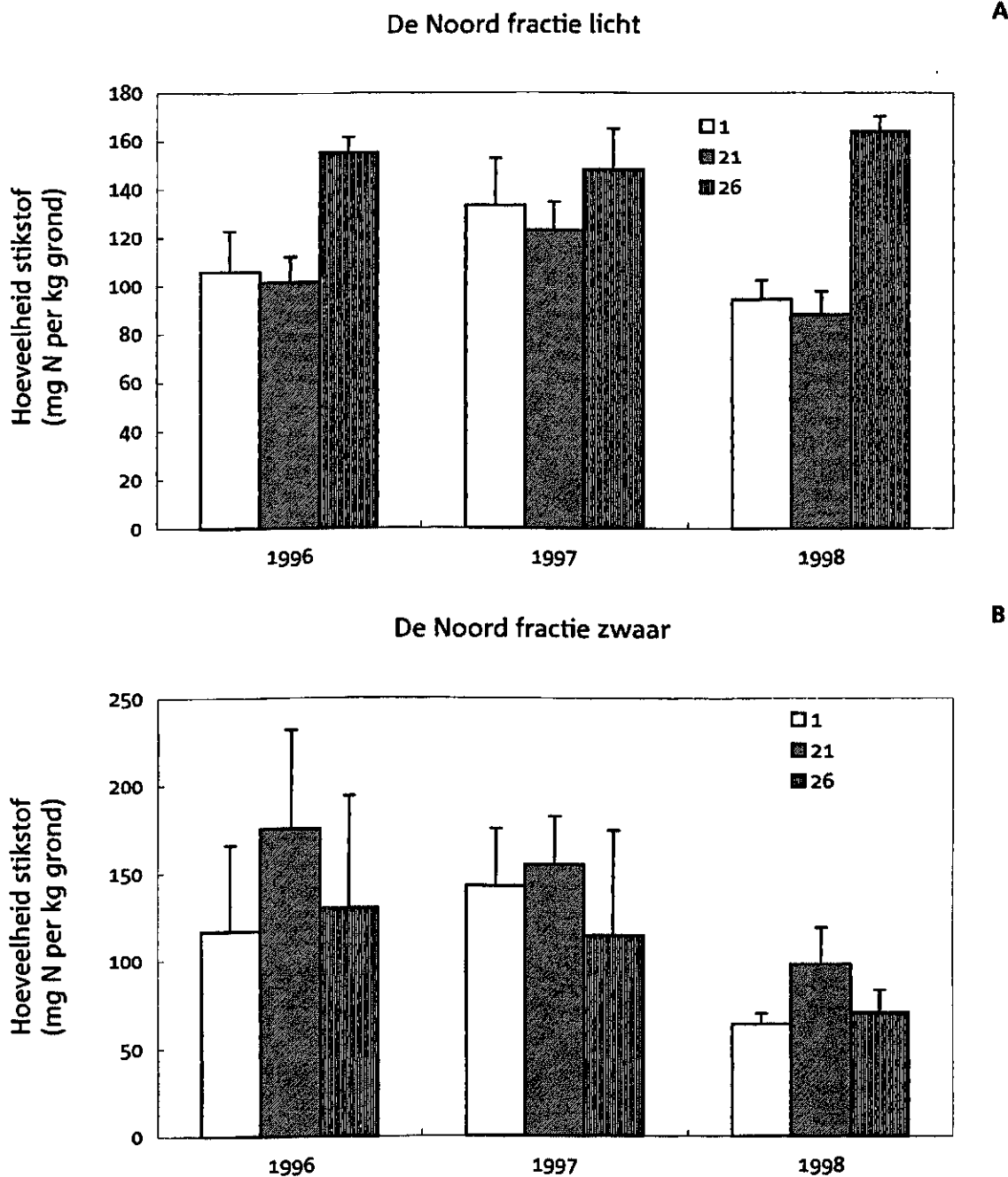
Metingen aan grond van het voormalig proefbedrijf 'De Zuid' lieten zien dat denitrificatie daar een nog veel groter effect kan hebben (denitrificatiesnelheden tot bijna 21 kg per ha per week). In vervolgonderzoek zou meer aandacht aan denitrificatie op de stikstofcyclus in bloembollenteelt moeten worden geschonken om beschikbaarheid van N en N-verliezen beter in kaart te brengen.

Organische stof in de bodem

De verandering in organische stof in de bodem is gevolgd door twee verschillende hoofdfracties te onderscheiden: organische stof > 150 µm en organische stof aan deeltjes < 150 µm. De eerste vormt de meer actieve fractie en de tweede de meer stabiele fractie. Elke hoofdfractie is opgesplitst in twee subfracties: > 150 µm licht en zwaar en < 150 µm, gebonden aan deeltjes < 20 µm en gebonden aan deeltjes tussen 20 en 150 µm.

Van alle fracties is bepaald hoeveel koolstof en stikstof zij vertegenwoordigen. De resultaten staan weergegeven in Figuur 12 (alleen stikstof); de gemiddelden over drie jaar staan in Tabel 8.

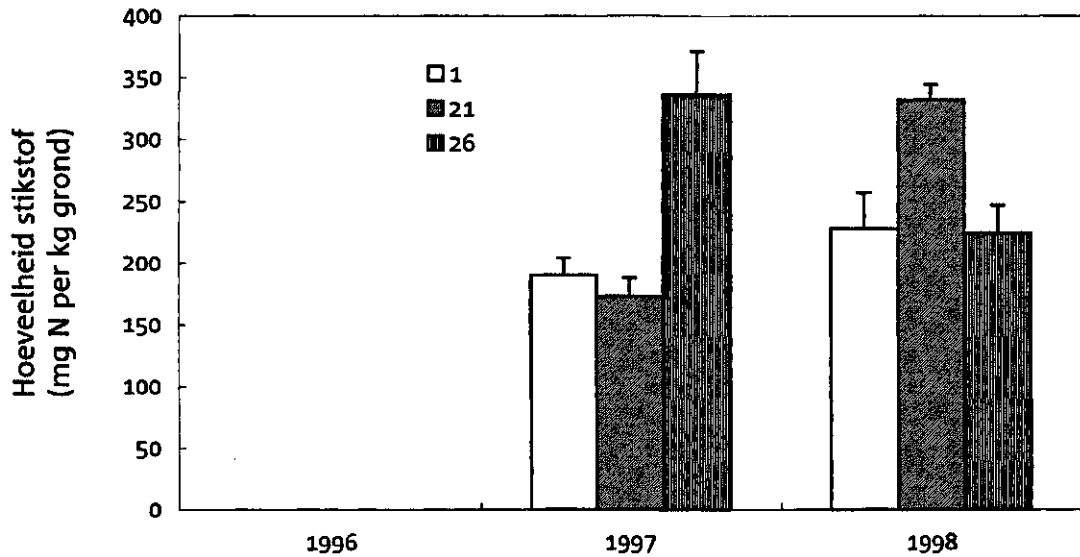
Perceel 26 had gemiddeld het hoogste organische N- en C-gehalte in de lichte fracties. De verschillen tussen perceel 1,2 en perceel 21 waren zeer gering. Perceel 21 had het hoogste gehalte aan de zware fractie en nu waren de verschillen tussen perceel 1,2 en perceel 26 gering. Er was dus geen onderscheid tussen de twee teeltsystemen te maken op basis van de actieve organische stof in de bodem.



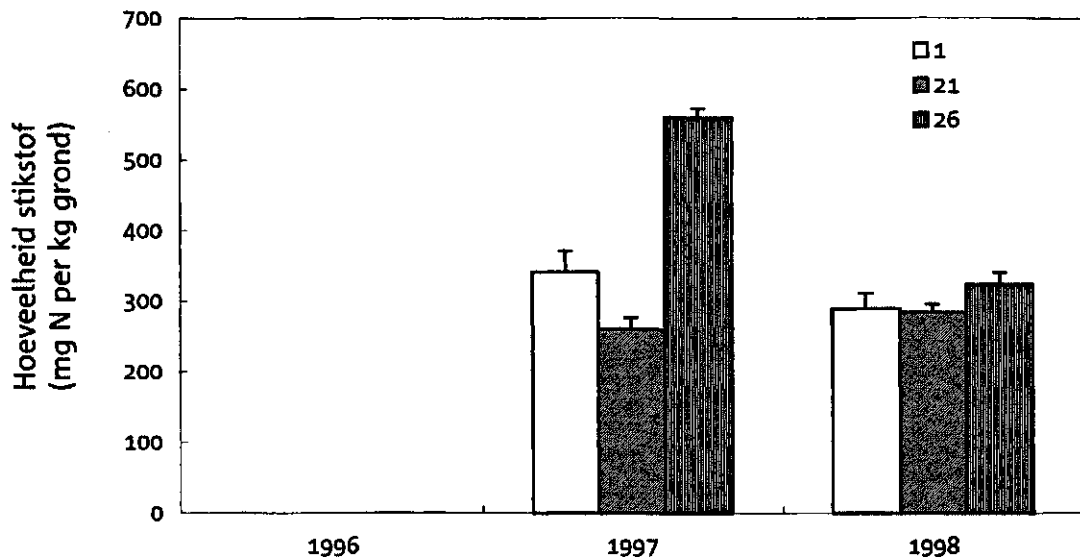
Figuur 12. De hoeveelheid stikstof in de lichte (A) en zware (B) Ludox-fracties en in de fracties tussen 20 en 150 μm (C) en < 20 μm (D) in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen 1,2, 21 en 26 op proefbedrijf De Noord (mg N per kg grond).

De Noord fractie < 150 μm en > 20 μm

C

De Noord fractie < 20 μm

D



Figuur 12 De hoeveelheid stikstof in de lichte (A) en zware (B) Ludox-fracties en in de fracties tussen 20 en 150 μm (C) en < 20 μm (D) in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen 1,2, 21 en 26 op proefbedrijf De Noord (mg N per kg grond).

Ook bij de minder actieve o.s.-fracties was het beeld niet consistent, zodat onderscheid tussen de beheersystemen niet tot uiting kwam in de samenstelling van de organische stof in de bodem.

Tabel 8. Gemiddelde hoeveelheid stikstof (A) en koolstof (B) in de Ludox-fracties op de drie percelen van De Noord (in mg N of C per kg grond).

	Perceel			LSD
	1,2	21	26	
A. Stikstof				
Lichte fractie	111,3	104,3	155,7	21,7
Zware fractie	107,8	142,8	105,1	71,7
Fractie 20-150 µm	208,0	252,8	281,3	40,48
Fractie < 20 µm	312,5	265,5	450,1	34,07
B. Koolstof				
Lichte fractie	1584	1430	2224	300,3
Zware fractie	1382	1747	1349	904,1
Fractie 20-150 µm	2206	2601	2941	408,6
Fractie < 20 µm	3163	2360	4300	413

Relatie tussen organische stof in de bodem en mineralisatie

Stikstof

De relatie tussen de potentiële N-mineralisatie en het gehalte aan N in de lichte en zware Ludox-fracties staat in Figuur 13.

Er was geen verband aantoonbaar tussen de N-mineralisatie en de hoeveelheid stikstof in de afzonderlijke Ludox-fracties. Multivariate lineaire regressie liet zien dat er wel een betrouwbaar verband bestond tussen de potentiële N-mineralisatie en alle fracties tezamen ($p < 0,001$, $R^2 = 0,76$) volgens de volgende relatie:

$$\text{Pot. N-min} = a * LL + b * LZ + c * f_{20-150} + d * f_{< 20} + e$$

- Pot. N-min = potentiële N-mineralisatie
 LL = Ludox-fractie licht
 LZ = Ludox-fractie zwaar
 f₂₀₋₁₅₀ = bodemfractie tussen 20 en 150 µm
 f < 20 = bodemfractie < 20 µm

De waarden voor de variabelen a t/m d staan in tabel 9.

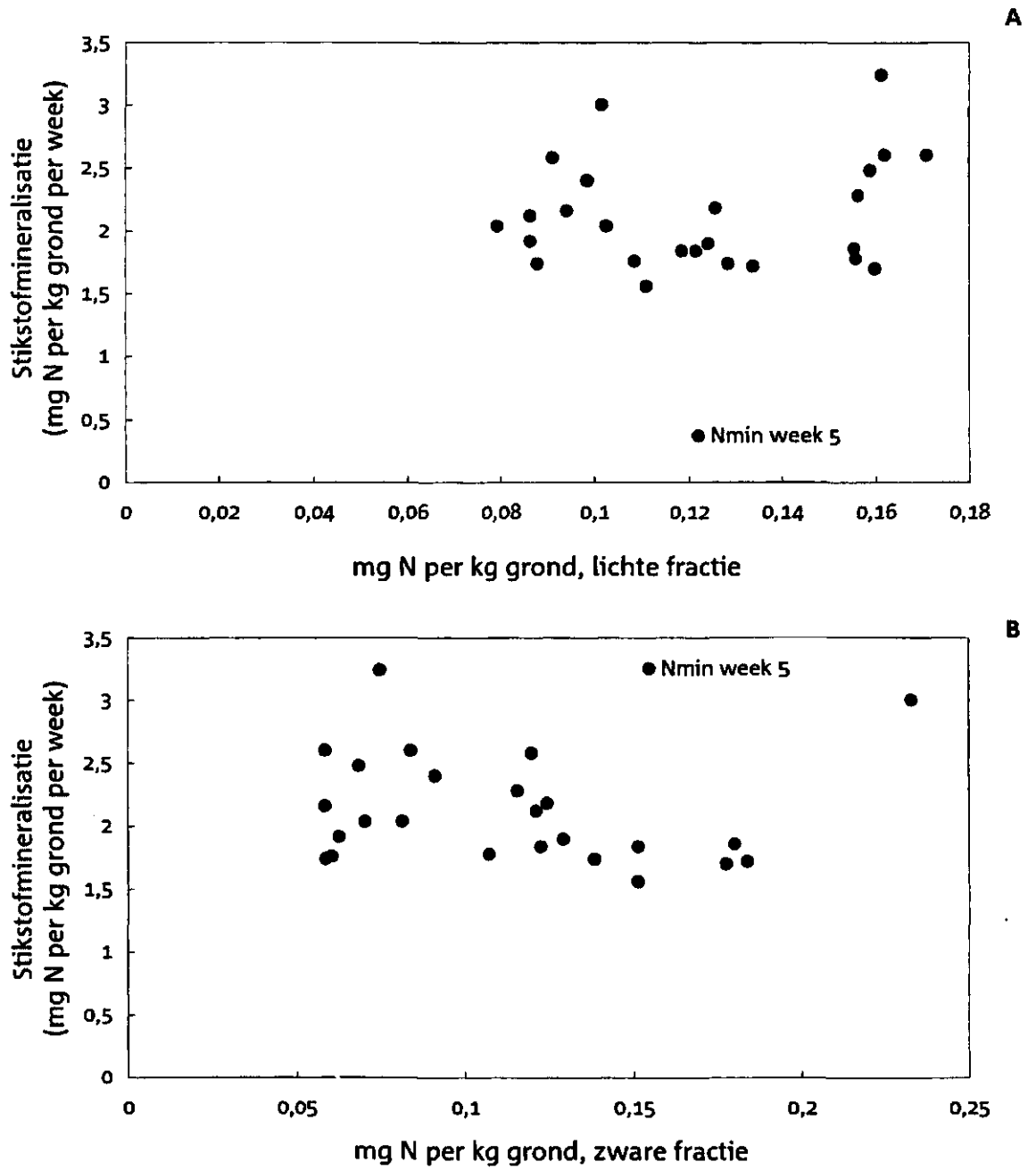
Koolstof

Er bestond geen betrouwbaar verband tussen de C-mineralisatie en de hoeveelheid C in de organische-stoffracties. Multivariate lineaire regressie liet zien dat ook hier een betrouwbaar verband bestond tussen de C-mineralisatie en alle fracties tezamen.

$$\text{Pot. C-min} = a * LL + b * LZ + c * f_{20-150} + d * f_{< 20} + e$$

Pot. C-min = potentiële koolstofmineralisatie.

De waarden voor de variabelen a t/m d staan in Tabel 9.



Figuur 13. De relatie tussen de hoeveelheid N in de lichte (A) en zware (B) Ludox-fractie en de stikstofmineralisatie op proefbedrijf De Noord.

Tabel 9. De waarden voor de parameters a, b, c, d en e voor de multivariate lineaire regressievergelijkingen voor de N- en C-mineralisatie.

Variabele	N-mineralisatie	C-mineralisatie
a	0,0091	-0,01599
b	-0,004095	0,00429
c	0,002866	-0,00533
d	-0,003203	0,00425
e	1,624	44,7
R ²	0,76	0,446
p	< 0,001	0,018

De stikstofmineralisatie werd dus positief beïnvloed door de meer actieve organische-stoffracties, terwijl opvallenderwijs de koolstofmineralisatie juist meer door de stabiele fracties wordt bepaald.

1.3.2.2 Boomteelt

De metingen in de boomteelt zijn uitgevoerd op de proeftuin 'Noordbroek' op twee percelen met een verschillende organische bemesting. Het ene perceel kreeg 20 ton stalmest per ha en het andere perceel kreeg 16 ton GFT-compost per ha.

Teeltgegevens

De teeltgegevens van 'Noordbroek' voor 1996 en 1997 staan vermeld in Tabel 10

Tabel 10. Teeltgegevens van de Proeftuin Noordbroek.

	Jaar	
	1996	1997
Gewas	Rosa laxa onderstammen	Crataegus monogyna Prunus avium
Zaai/plantdatum	1 mei	22 en 23 april
Rooidatum	6 november	27 oktober – 1 december
GFT (8 ton per ha)	15 april	26 maart
Stalmest (20 ton per ha)	5 april	10 april
Grondbewerking	Woelen (70 cm 1996) vaste-tand-cultivator, spitten en rotor kopeg	
Beregening	30 mm op 30 april	geen

Samenstelling van stalmest en GFT

De samenstelling van de stalmest en de GFT die is in Noordbroek is gebruikt staat weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11. Samenstelling stalmest en GFT Noordbroek (drogestof in g per kg vers product, organische stof in %, overige in g/kg droog product).

Product	Stalmest		GFT	
	1996	1997	1996	1997
Drogestof	130	140	722	640
Ruw as	337	343	767	683
Organische stof	62,3	71,5	23,3	31,7
N-totaal	34,6	39	10,1	15,5
P ₂ O ₅	21,5	17	5,8	7,2
K ₂ O	73,8	74	8,2	11,8

Op basis van deze samenstelling werd er dus bij stalmest ca. 100 kg N en bij GFT ca. 70 kg N toegediend.

Samenstelling van de bodem

De samenstelling van de bodem van de percelen is gemeten in 1996 en staat vermeld in Tabel 12.

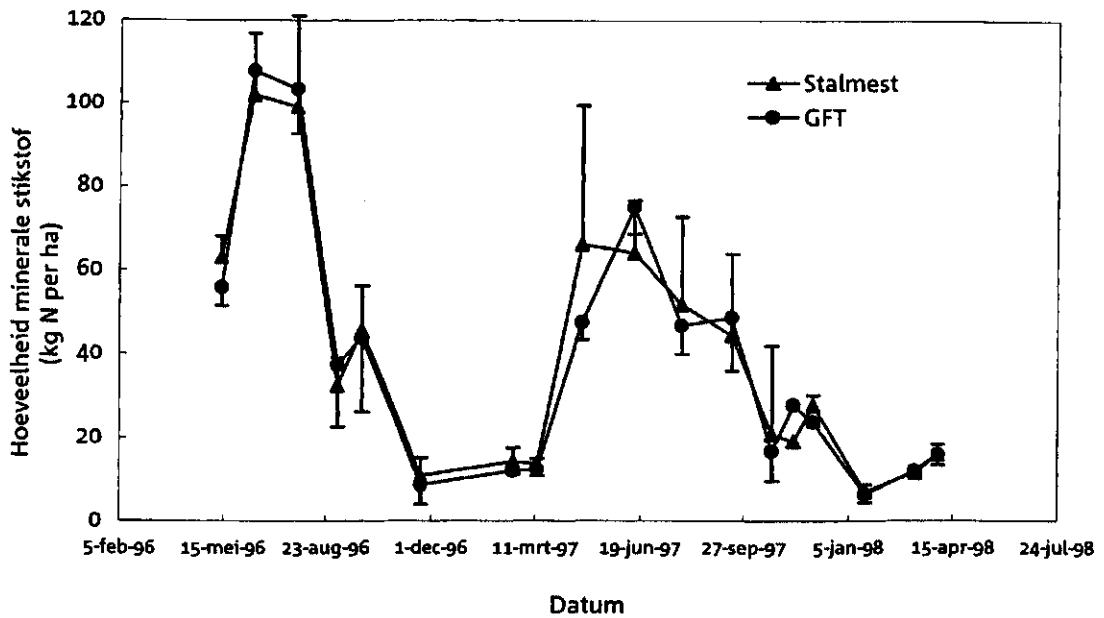
Tabel 12. Samenstelling van de bodem van het perceel met stalmest en het perceel met GFT van de proeftuin 'Noordbroek'.

	Stalmest	GFT
Vocht (%)	1,09	1,14
CaCO ₃ (%)	0,1	< 0,1
N-totaal (%)	0,185	0,191
C-organisch (%)	3,38	3,48

Het organische-stofgehalte en het totaal N-gehalte op het perceel met GFT was iets hoger dan op het perceel met stalmest.

N-min in de bodem

De hoeveelheid N-min in de bodem is gemeten van april 1996 t/m april 1998. De resultaten staan vermeld in Figuur 14 en de gemiddelden over de gehele periode staan in Tabel 13.



Figuur 14. De hoeveelheid N-mineraal in de bouwvoor van de percelen met stalment en GFT op de proeftuin Noordbroek gedurende de meetperiode (kg N per ha).

De hoeveelheid N-min vertoont een regelmatig patroon gedurende het jaar: hoog in het voorjaar, afnemend gedurende de zomer met een kleine toename aan het eind van de zomer en laag gedurende de wintermaanden. De maximum hoeveelheid was ca. 105 kg N per ha in juni 1996 en ca. 70 kg per ha in juni 1997. Na het groeiseizoen in 1996 was er nog ongeveer 10 kg N over; na het groeiseizoen in 1997 nog ongeveer 20 kg N. Er was geen verschil tussen het gebruik van stalment en GFT. (Zie ook Tabel 13 voor de gemiddelde waarde over de gehele meetperiode). Wel was er een significant verschil binnen de drie herhalingen. Op perceel 15 was het N-mingehalte significant ($p < 0,001$) hoger dan op de percelen 13 en 14. (Tabel 13).

Tabel 13. N-mineraalgehalten op de percelen met stalment en GFT (A) en de op de drie herhalingen (B) (kg N per ha).

A.

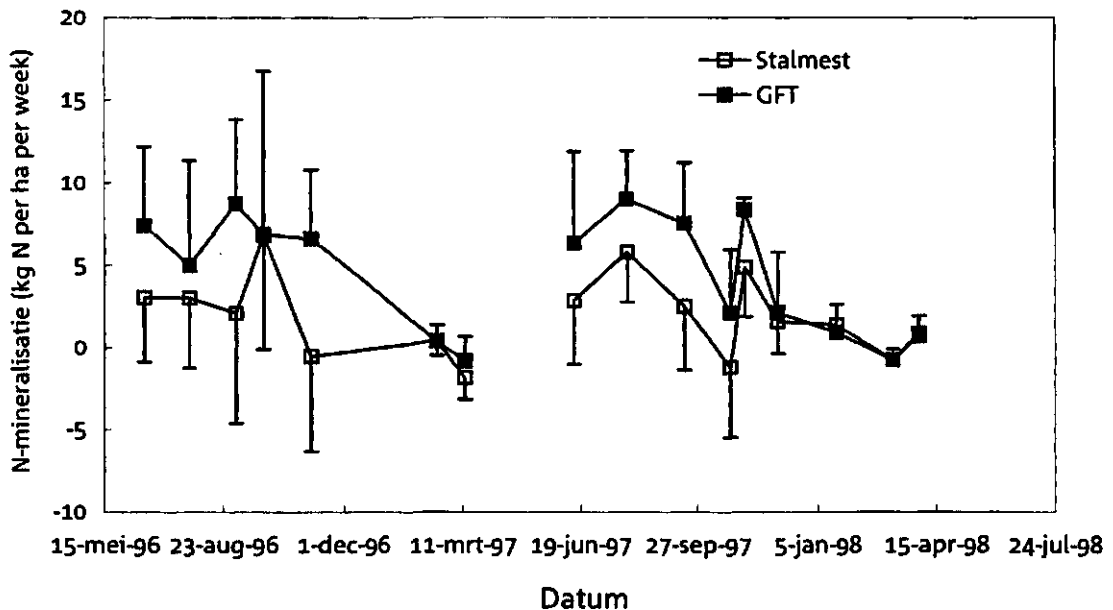
	Mest		LSD
	Stalmest	GFT	
N-min	8,64	8,44	0,98

B.

	Perceel			LSD
	13	14	15	
N-min	7,05	8,07	10,51	1,69

In-situ mineralisatie

De totale *in-situ* mineralisatie over beide jaren staat weergegeven in Tabel 14 en in Figuur 15 in kg N per ha per week. De totale N-mineralisatie op het perceel met stalmest bedroeg 164 kg per ha (waarvan iets minder dan de helft in '96-'97). De mineralisatie op het perceel met GFT was ruim twee keer zo hoog (378 kg per ha, waarvan 178 kg in het eerste jaar).



Figuur 15. De *in-situ* N-mineralisatie in de bouwvoor van de percelen met stalmest en GFT op de proeftuin Noordbroek gedurende de meetperiode (kg N per ha per week).

De *in-situ* mineralisatie was relatief hoog gedurende de zomermaanden en relatief laag gedurende de winter (Figuur 15) en vertoonde daarmee hetzelfde patroon als dat van de hoeveelheid N-min. Ook de toename van N-min aan het eind van de zomer 1997 werd gevonden in de *in-situ* mineralisatie. Opvallend was de waargenomen verdwijning van stikstof bij stalmest in de maand oktober van beide jaren.

Gemiddeld was de N-mineralisatie 1,8 kg per ha per week voor stalmest en 4,3 kg per ha per week voor GFT ($p < 0,001$; Tabel 14). De hoogste waarde bij stalmest werd gemeten tussen 3 en 26 september 1996 (6,8 kg N per ha per week) en bij GFT tussen 13 juni en 29 juli 1997 (9,0 kg N per ha per week). De laagste waarde in stalmest was -1,8 kg per ha per week (tussen 18 februari en 13 maart 1997) en in GFT - 0,8 kg per ha per week (eveneens tussen 18 februari en 13 maart 1997 en tussen 21 januari en 10 maart 1998). Er was geen verschil tussen de herhalingen, maar wel was er een significante interactie tussen bemesting en het perceel. Op perceel 15 was het verschil tussen het gebruik van stalmest en GFT veel groter dan op de percelen 13 en 14 (resultaat niet in Tabel 14)

Tabel 14. N-mineralisatie op de percelen met stalmest en GFT (A) en de op de drie herhalingen (B) (kg N per ha per week)

A.	Mest		LSD
	Stalmest	GFT	
N-min	1,79	4,27	0,764

B.	Perceel			LSD
	13	14	15	
N-min	3,7	3,19	2,2	0,935

De hoeveelheid N-min die beschikbaar is voor het gewas

Op dezelfde wijze als is beschreven voor bloembollen is berekend hoeveel N-mineraal er in totaal beschikbaar is geweest voor de rozen. Op het perceel met stalmest was dat 113 kg in het eerste en 150 kg in het tweede jaar. Op het perceel met GFT was dat respectievelijk 222 en 232 kg. De N-opname van alle gewassen bedraagt ca. 100 kg per ha. (A. Pronk, persoonlijke mededeling).

Het verschil is verloren gegaan door uitspoeling, vervluchtiging of is vastgelegd in de pool organische stof.

Geconcludeerd kan worden dat er op het perceel met stalmest een goede balans bestond tussen beschikbare hoeveelheid N-min en gewasopname. Op het perceel met GFT was beide jaren ruim 100 kg teveel N beschikbaar.

Potentiële mineralisatie

De potentiële N-mineralisatie is gemeten in het voorjaar van 1996, 1997 en 1998. De meting gedurende 5 weken mislukte in 1996; de resultaten van 1997 en 1998 (5 weken) staan vermeld in Figuur 16.

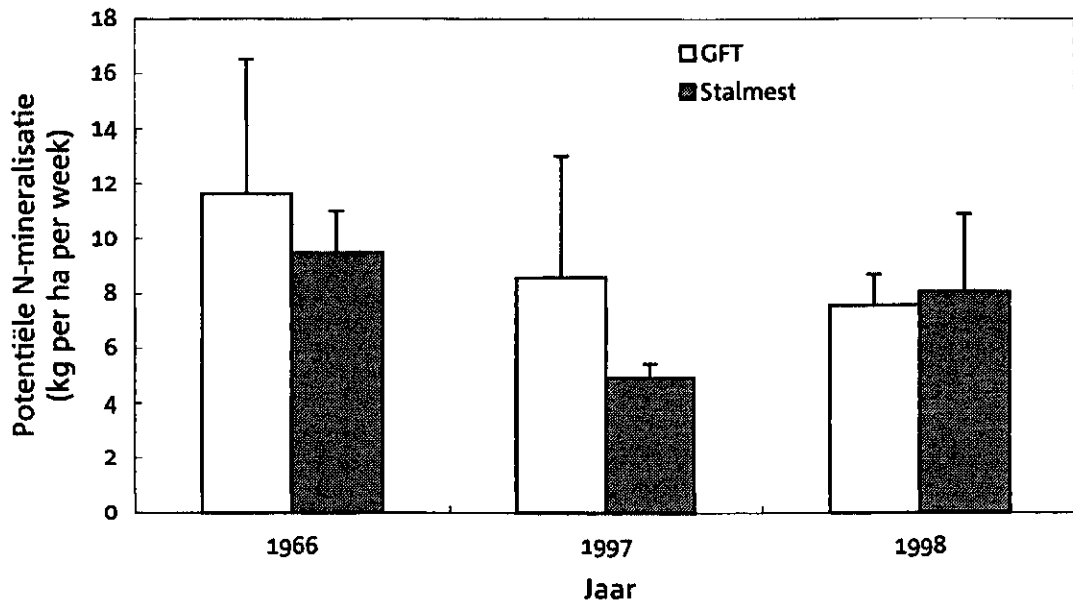
De potentiële N-mineralisatie op het perceel met GFT was het hoogst in 1996 en die op het perceel met stalmest was het hoogst in 1998.

In Tabel 15 staat de gemiddelde N-mineralisatie uitgedrukt in mg per kg grond per week over de gehele meetperiode (1996 gedurende twee weken, 1997 en 1998 gedurende 5 weken gemeten). De mineralisatie op het perceel met stalmest was hoger dan op GFT, maar het verschil was statistisch niet betrouwbaar (zie ook Figuur 16 voor de afzonderlijke jaren).

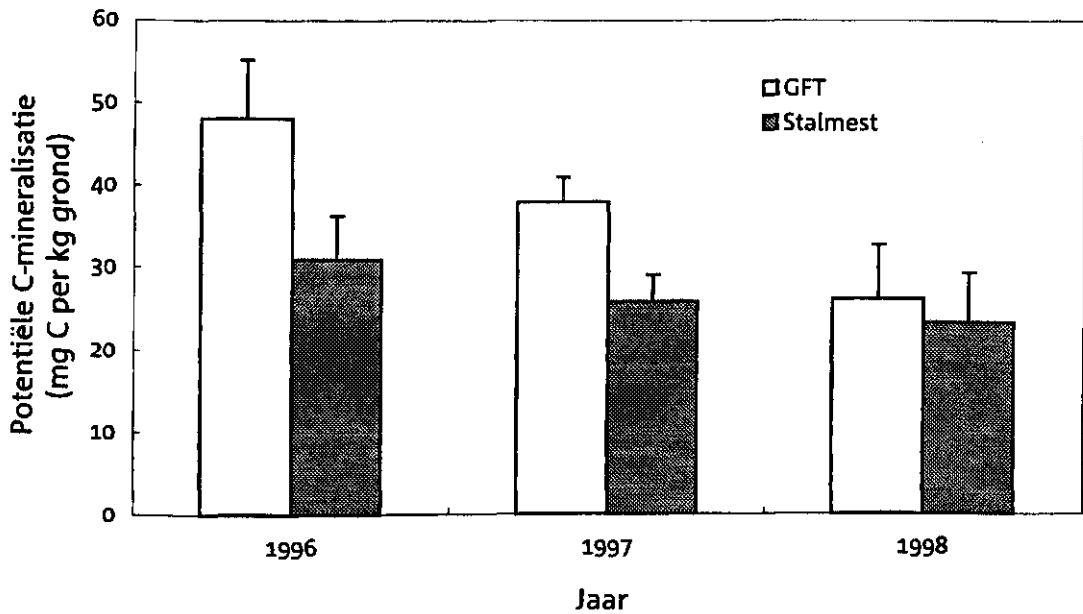
Tabel 15. Gemiddelde potentiële N-mineralisatie (in mg N per kg grond per week) en C-mineralisatie (in mg C per kg grond, cumulatief over 5 weken) op de twee percelen van Noordbroek.

	Mest		
	Stalmest	GFT	LSD
N-mineralisatie	2,64	2,49	1,33
C-mineralisatie	27,6	36,4	9,7

De potentiële C-mineralisatie staat eveneens in Tabel 15 en in Figuur 17. Er was een significant hogere koolstofafbraak in het perceel met GFT dan in het perceel met stalmest. In de loop van de drie jaren daalde de C-mineralisatie op beide percelen ongeveer even sterk.



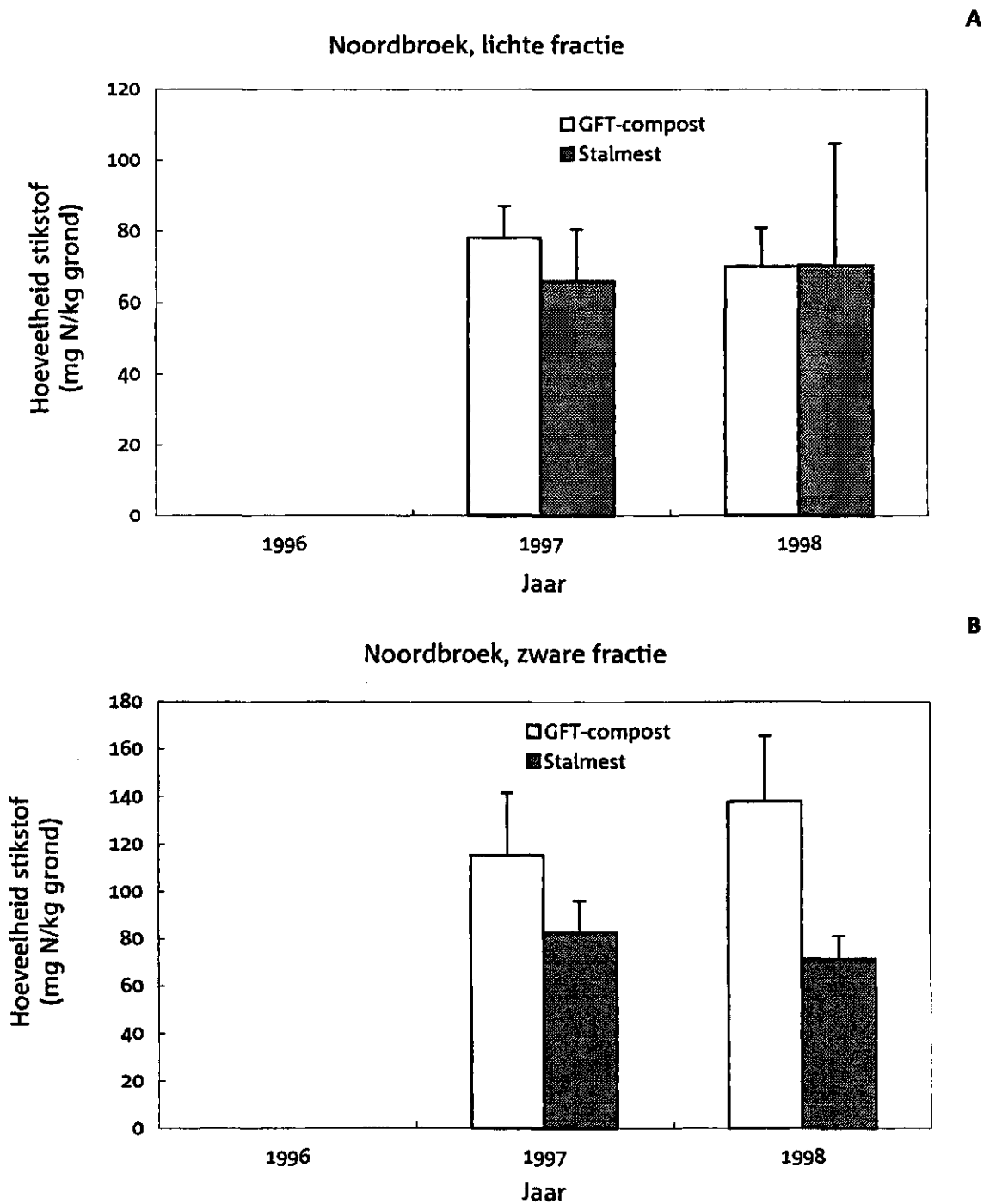
Figuur 16. De potentiële N-mineralisatie in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen met stalmest en GFT op de proeftuin Noordbroek gedurende de meetperiode (kg N per ha per week).



Figuur 17. De potentiële C-mineralisatie in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen met stalmest en GFT op de proeftuin Noordbroek gedurende de meetperiode (mg C per kg grond gedurende 5 weken).

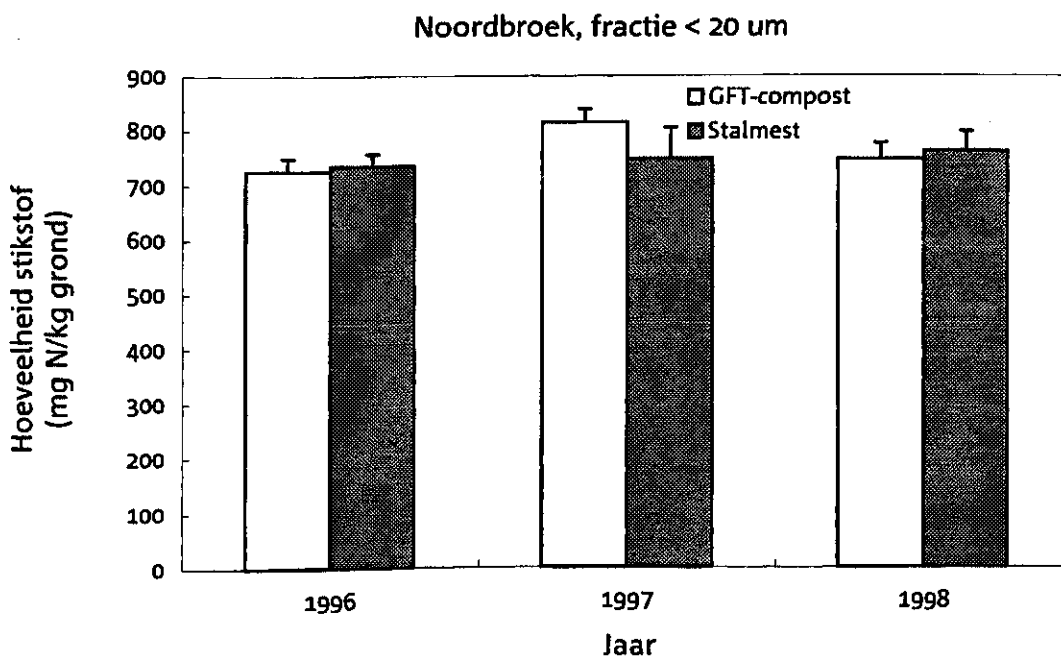
Organische stof

De samenstelling van de bodem-organische stof staat vermeld in Figuur 18. Er was geen verschil tussen het perceel met stalmest en met GFT, behalve voor het gehalte aan stikstof in de zware Ludox-fractie. Het gehalte aan stikstof in de zware Ludox-fractie van het GFT-perceel was bijna twee keer zo hoog als voor het perceel met stalmest.

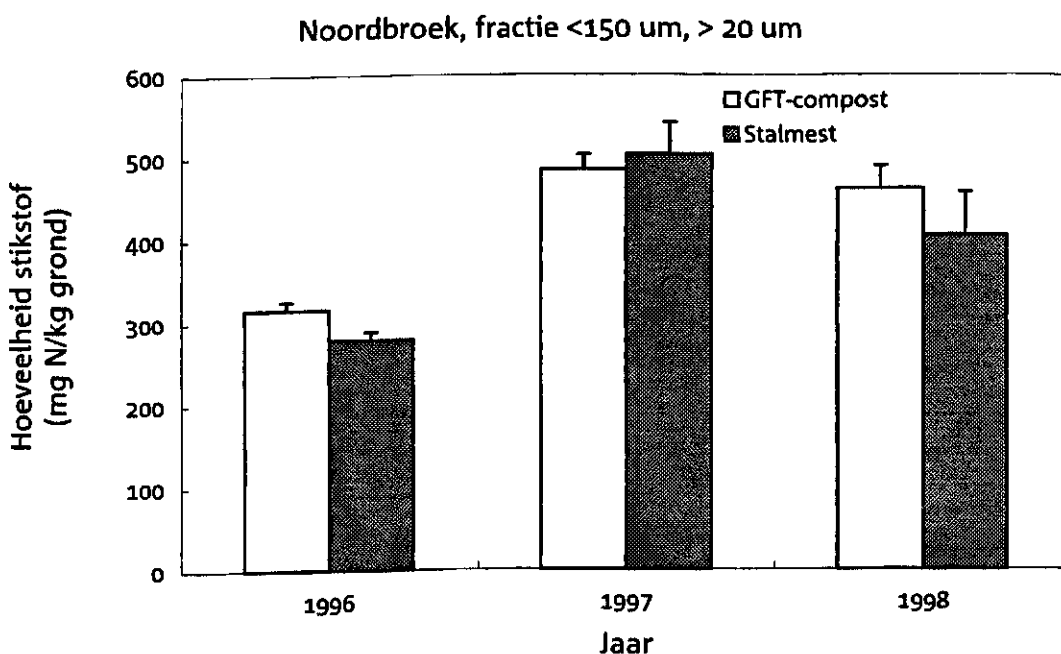


Figuur 18. De hoeveelheid stikstof in de lichte (A) en zware (B) Ludox-fracties en in de fracties tussen 20 en 150 μm (C) en < 20 μm (D) in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen met stalmest en GFT op de proeftuin Noordbroek gedurende de meetperiode (mg N per kg grond).

C



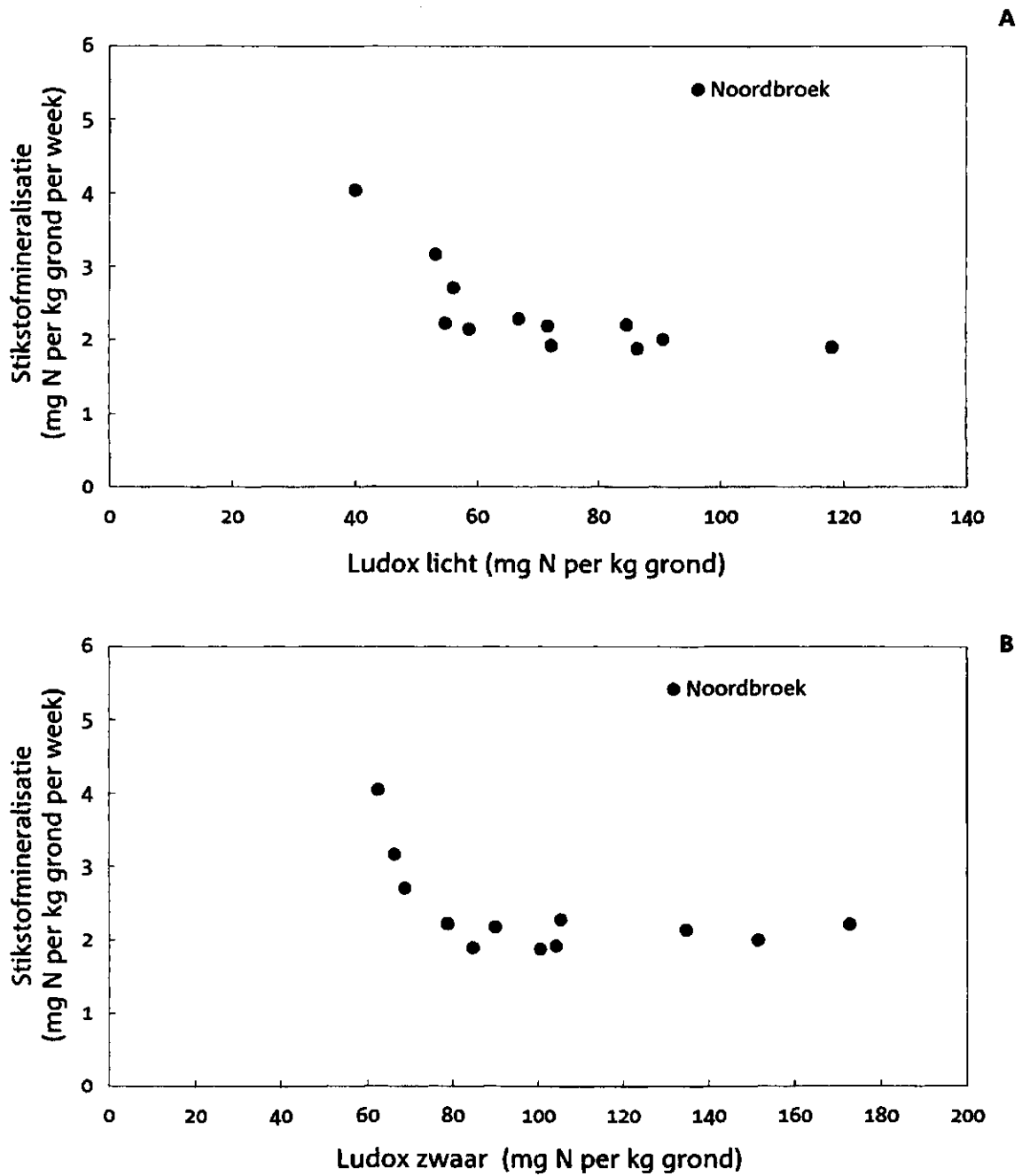
D



Figuur 18 De hoeveelheid stikstof in de lichte (A) en zware (B) Ludox-fracties en in de fracties tussen 20 en 150 μm (C) en < 20 μm (D) in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen met stalmest en GFT op de proeftuin Noordbroek gedurende de meetperiode (mg N per kg grond).

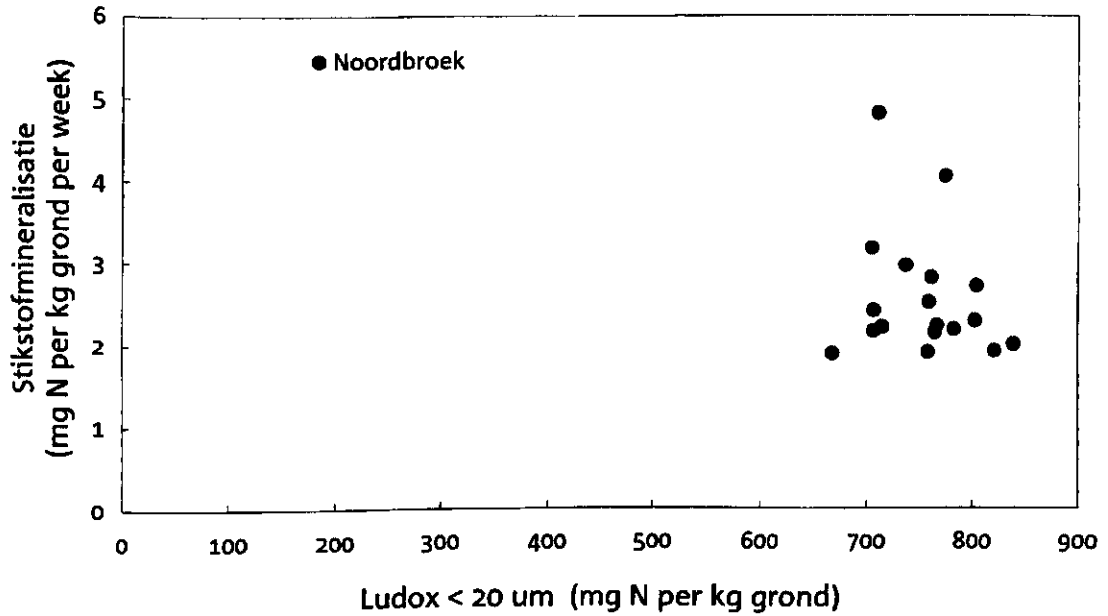
Relatie tussen kwaliteit van organische stof en N-mineralisatie

Er kon geen relatie worden gevonden tussen de potentiële mineralisatie en de gehalten aan organische stof in de diverse fracties (Figuur 19A-D). De potentiële N-mineralisatie was in alle gevallen min of meer gelijk en hetzelfde gold voor de potentiële C-mineralisatie (niet getoond).

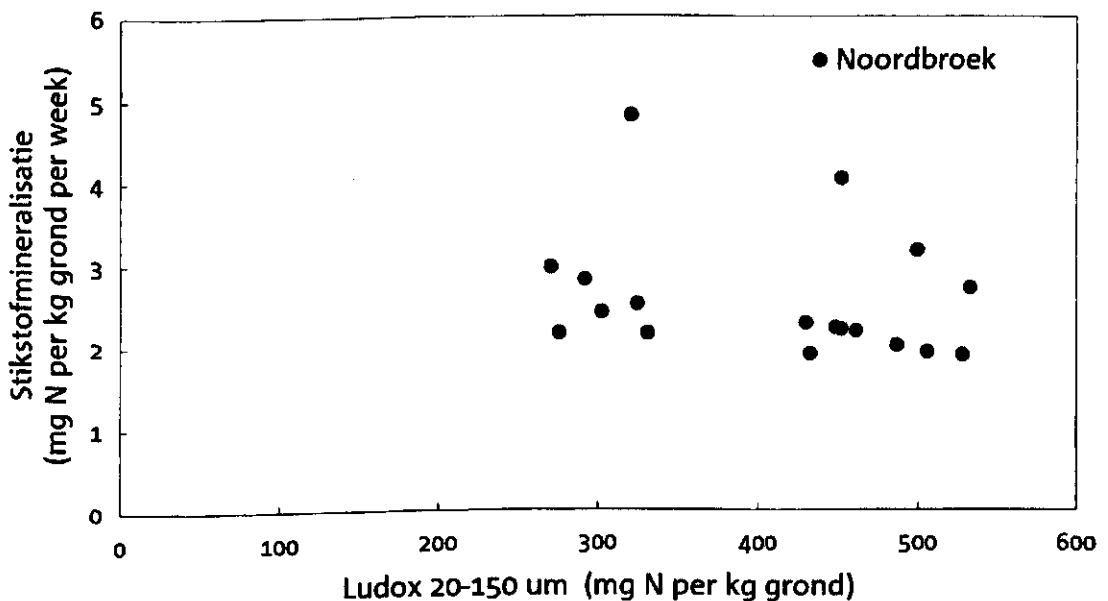


Figuur 19. De relatie tussen de hoeveelheid N in de lichte (A) en zware (B) Ludox-fractie en de fracties tussen 20 en 150 μm (C) en < 20 μm (D) en de stikstofmineralisatie op de proeftuin Noordbroek.

C



D



Figuur 19. De relatie tussen de hoeveelheid N in de lichte (A) en zware (B) Ludox-fractie en de fracties tussen 20 en 150 μm (C) en < 20 μm (D) en de stikstofmineralisatie op de proeftuin Noordbroek.

1.3.2.3 Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt

Lovinkhoeve

Op de Lovinkhoeve (het ecologisch proefbedrijf van AB-DLO) zijn metingen verricht op de percelen met drie verschillende grondbewerkingen (gangbaar ploegen op 25 cm (GB), ecoploegen op 12 cm (ECO) en minimale grondbewerking (MGB) op 5 cm diepte). Verder kreeg de ene helft van elke grondbewerking een groenbemester in het najaar en drijfmest als belangrijkste

nutriëntenbron. De andere helft kreeg GFT in het najaar en stalmest als belangrijkste nutriëntenbron.

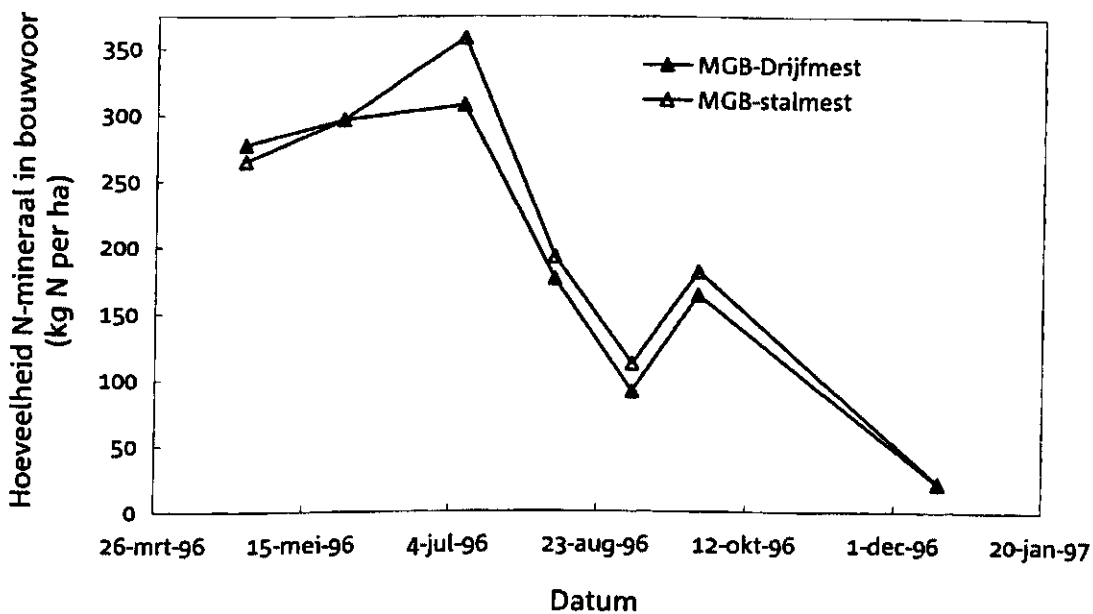
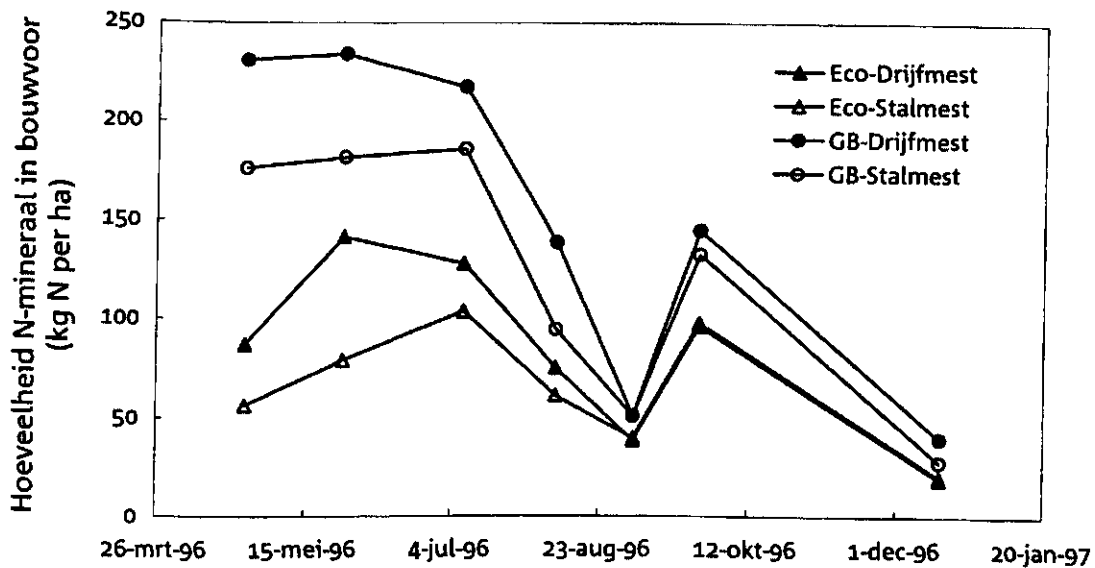
In 1996 stond het gewas ui op de percelen; in de twee jaar daarna stond er een gras/luzernemengsel.

De metingen die in dit rapport worden besproken zijn verricht in 1996 en 1997. Alle behandelingen zijn bemonsterd in de laag 12-25 cm. Verder zijn GB en ECO bemonsterd in de laag 0-12 cm en MGB in de lagen 0-5 cm en 5-17 cm. Dat leverde een probleem op bij de statistische toetsing. Om dat op te lossen is de variantie-analyse twee keer uitgevoerd. De eerste keer werd de laag 0-5 cm van MGB behandeld alsof het een laag 0-12 cm betrof; de tweede keer is net gedaan alsof de laag 7-12 cm van MGB een laag van 0-12 cm was. Van de kleinste significante verschillen (Lsd's) van deze twee variantie-analyses is telkens de hoogste waarde in de tabellen en figuren weergegeven.

Minerale stikstof

Bij het begin van elke periode waarin de *in-situ* mineralisatie werd gemeten is telkens eerst de hoeveelheid N-min in de bouwvoor bepaald. Voor de gangbare ploeg en de ecoploeg in de lagen 0-12 en 12-25 cm en voor de minimale grondbewerking in de lagen 0-5, 5-12 en 12-25 cm. De resultaten van de hoeveelheden N-min staan vermeld in Figuur 20A (GB en ECO) en Figuur 20B (MGB). In Tabel 16 staat de gemiddelde hoeveelheid N-min over de gehele periode. Er was een significant verschil tussen ECO, GB en MGB, tussen de verschillende lagen en de gebruikte mest ($p < 0,001$).

In april 1996 varieerde de hoeveelheid N-min in de bouwvoor van ca. 50 kg per ha (ECO-stalmest) tot ca. 250 kg per ha (GB-drijfmest en MGB). De hoeveelheid N-min in de bouwvoor liep bij de meeste varianten nog enigszins op tot een maximum dat varieerde van ca. 100 kg per ha (ECO-stalmest) tot ca. 350 kg per ha (MGB-stalmest) in juli. Na juli daalde de voorraad N-min tot ca. 100 kg per ha in MGB en tot ca. 50 kg per ha bij de overige varianten. Tussen begin en eind september vond er weer een toename plaats tot ca. 170 kg in MGB en ca. 100 en 130 kg in respectievelijk ECO en GB.



Figuur 20. De hoeveelheid N-mineraal in de bouwvoor van de percelen met gangbare grondbewerking en de ecoploeg (A) en de minimale grondbewerking (B) op de Lovinkhoeve (kg N per ha).

Tabel 16. Minerale stikstof (kg per ha) en *in-situ* N-mineralisatie (kg per ha per week) op de Lovinkhoeve (gemiddeld over de gehele meetperiode).

	Ploeg						LSD	
	ECO		GB		MGB			
	0-12	12-25	0-12	12-25	0-5	5-12		12-25
N-min	39,01	35,55	46,70	89,42	44,19	67,84	56,1	1,98
N-mineralisatie	0,305	0,056	0,195	-0,253	0,492	-0,061	0,085	0,130

De verdeling van N-min over de bouwvoor verschilde tussen de bodembewerkingen (Tabel 16) Bij MGB zat het merendeel in de laag 0-12 cm, bij ECO was de verdeling ongeveer gelijk en bij GB zat het merendeel in de laag 12-25 cm. Gedurende het gehele teeltseizoen was er dus veel tot zeer veel N-min in de bouwvoor aanwezig. De verdeling over de bouwvoor verschilde per behandeling.

Tabel 17. Percentage minerale stikstof in de bovenste 12 cm.

Datum	Ploeg		
	GB	ECO	MGB
25 april '96	26,5	54,8	84,1
28 mei '96	32,7	58,7	74,5
8 juli '96	32,2	46,2	57,9
8 augustus '96	40,5	52,9	72,1
4 september '96	22,4	39,4	39,3
26 september '96	45,2	56,1	49,7
16 december '96	56,0	47,9	66,0
Gemiddeld	36,5	50,8	63,4

Mineralisatie *in-situ*

De gemiddelde mineralisatie *in-situ* over de gehele meetperiode is weergegeven in Tabel 17 (uitgedrukt in kg N per cm bodemlaag per week). Er was een significant effect van de grondbewerking en de diepte waarop werd gemeten ($p < 0,001$), maar niet van de gebruikte mest. De mineralisatie was het hoogst bij ECO, gevolgd door MGB. Bij GB was de totale mineralisatie negatief. Verder was er een significante interactie tussen grondbewerking en de diepte: in alle gevallen was de mineralisatie het hoogst in de laag 0-12 cm (0-5 cm bij MGB).

De totale hoeveelheid N-min die gevormd werd tijdens de *in-situ* mineralisatiemetingen verschilde sterk tussen de varianten (Tabel 18). De grootste hoeveelheden kwamen vrij in ECO (ca. 160 kg/ha) terwijl er in GB met drijfmest zelfs bijna 80 kg verdween. In ECO werd, m.u.v. de laatste meting, steeds een positieve mineralisatie gevonden. In GB en MGB verdween er tussen

juli en augustus meer dan 100 kg per ha, wat trouwens samenviel de vermindering van de hoeveelheid N-min in de bouwvoor (zie Figuur 20).

Tabel 18. Totale *in-situ* mineralisatie (kg N per ha) op drie percelen met verschillende grondbewerking en bemesting op de Lovinkhoeve. A: gangbare ploegdiepte (GB), B: ecoploeg (ECO), C: minimale grondbewerking (MGB).

Datum	GB		ECO		MGB	
	Drijfmest	Stalmest	Drijfmest	Stalmest	Drijfmest	Stalmest
28 mei '96	34,9	-24,9	30,4	37,5	10,1	-60,9
8 juli '96	-47,2	2,3	2,9	52,7	-26,0	108,3
8 augustus '96	-117,1	103,8	31,0	17,7	-96,6	-14,1
4 september '96	59,7	50,2	30,6	25,5	86,3	88,6
26 september '96	7,7	8,1	8,2	8,7	21,0	9,6
11 december '96	-17,0	107,3	52,9	24,2	81,2	23,9
7 maart '97	-4,7	-0,7	-1,9	-5,6	-3,6	11,4
Totaal	-74,4	34,1	154,2	160,6	72,3	166,9

In Tabel 19 is weergegeven wat het verschil was tussen de verandering in N-min tussen twee tijdstippen en de hoeveelheid die in die periode als mineralisatie werd gemeten. Met cursieve getallen is weergegeven wanneer de mineralisatie en de verandering in N-min beide positief dan wel negatief waren.

Tabel 19. Verandering in N-min en *in-situ* mineralisatie op de Lovinkhoeve over de periode 25 april 1996 tot 7 maart 1997. Indien Nmin en N-mineralisatie beide positief of beide negatief waren, zijn ze cursief weergegeven.

<i>In-situ</i> mineralisatie in de laag 0-25 cm (kg/ha)				Verandering in N-min (0-25 cm, kg N /ha)			
Datum	GB	ECO	MGB	Datum	GB	ECO	MGB
25 april '96				25 april '96			
28 mei '96	13,9	70,2	-85,8	28 mei '96	4,4	38,7	11,5
8 juli '96	-42,3	57,7	106,6	8 juli '96	-6,5	5,1	18,2
8 augustus '96	-216,9	49,9	-207,7	8 augustus '96	-85,0	-47,0	-115,9
4 september '96	99,4	56,7	309,7	4 september '96	-65,4	-29,8	-80,2
26 september '96	16,9	17,9	29,3	26 september '96	87,1	58,2	78,2
16 december '96	98,6	83,9	223,6	16 december '96	-104,4	-76,9	-133,8
7 maart '97	4,1	-7,5	13,0	7 maart '97	-33,8	-19,9	-20,6
Totaal	-26,3	328,9	388,7		-203,6	-71,6	-242,6

Er zit slechts weinig overeenkomst in beide metingen; in bijna de helft van de gevallen is de mineralisatie negatief en de verandering in N-min positief of andersom. Voor een deel is dit verklaarbaar. De *in-situ* mineralisatie is exclusief N-opname door de plant, terwijl de N-min inclusief de N-opname is. Daarmee wordt echter niet het verschijnsel verklaard dat de hoeveelheid N-min toeneemt, terwijl gelijktijdig de N-mineralisatie negatief is. Een mogelijke verklaring daarvoor is het optreden van een verhoogde denitrificatie binnen de buizen. Deze zou kunnen optreden bij een combinatie van een hoog N-min-gehalte en het samendrukken van de grond bij het inbrengen van de buizen. De (zeer) hoge N-min-gehalten worden vooral gevonden in GB en MGB.

Samenvattend

Van de drie systemen vertoonde ECO de laagste dynamiek in de hoeveelheid N-min in de bouwvoor en in *in-situ* mineralisatie. Het maximum verschil in N-min tussen april en september in GB en MGB bedroeg 180 en 230 kg per ha en in ECO was dat 110 kg. Bij de oogst was de hoeveelheid in de bouwvoor het laagst in ECO (40 kg) en het hoogst in MGB (ruim 100 kg). Verder werd er na de oogst in ECO ca. 60 kg N gevormd en in GB en MGB respectievelijk 90 en 70 kg.

Tenslotte was de *in-situ* mineralisatie in ECO altijd positief en nooit hoger dan 50 kg per ha, terwijl de *in-situ* mineralisatie in GB en MGB zeer hoog positief en zeer hoog negatief kon zijn.

Potentiële mineralisatie

In 1996 is geen potentiële mineralisatie gemeten op deze percelen. Wel is er een potentiële mineralisatie gemeten in maart 1997 en in december 1997. Deze staat weergegeven in Tabel 20. Er was statistisch gezien geen verschil tussen de percelen met drijfmest en stalmest; die gegevens zijn samengevoegd.

Tabel 20. Potentiële mineralisatie op de Lovinkhoeve (mg N per kg grond per week).

Maand	Ploeg	Diepte				Gemiddeld 0-25	LSD
		0-5	5-12	0-12	12-25		
maart	ECO			2,443	1,453	1,948	0,289
	GB			2,250	2,103	2,177	
	MGB	5,397	2,560		0,847	2,935	
november	ECO			2,883	1,373	2,128	
	GB			3,153	1,580	2,367	
	MGB	5,550	2,810		0,820	3,060	

De potentiële mineralisatie was het hoogst in de laag 0-5 van MGB en het laagst in de laag 12-25 van MGB. De verschillen tussen de verschillende grondbewerkingen en de bodemlagen waren statistisch betrouwbaar ($p < 0,001$).

Denitrificatie

De denitrificatie is gemeten in september 1996 in GB en MGB in vier verschillende bodemlagen. In ECO is geen meting uitgevoerd.

Denitrificatie is op drie manieren gemeten: als actuele denitrificatie en als potentiële denitrificatie met en zonder extra nitraat. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 21.

Tabel 21. Denitrificatie op de percelen met gangbare (GB) en minimale grondbewerking (MGB) (kg N-verlies per dag; actueel: onder de heersende condities; potentieel: in afwezigheid van zuurstof; potentieel plus: potentieel plus overmaat nitraat).

Grondbewerking	Actueel	Potentieel	Potentieel plus
GB	0,0308	0,4151	8,2873
MGB	0,0581	0,7287	7,8232

De actuele denitrificatie was laag: 30 g N per ha per dag in GB en 58 g N per ha per dag in MGB. De potentiële denitrificatie zonder extra nitraat was ruim een factor 10 hoger in beide systemen. In aanwezigheid van overmaat was de potentiële denitrificatie echter 8,3 kg per ha per dag in GB en 7,8 kg N in MGB.

De relatief hoogste potentiële denitrificatie werd gemeten in de laag 0-5 cm van MGB, nl. 3,8 mg N per kg grond per dag en de laagste in de laag 25-35 cm van MGB, nl. 0,2 mg per kg grond per dag. Er was een vrij sterke lineaire relatie tussen de potentiële denitrificatie (zonder extra nitraat) met de laagdiepte ($R^2 = 0,57$). Dit werd waarschijnlijk veroorzaakt door de verschillende gehalten aan organische stof in deze lagen. Er was nl. ook een sterke relatie met deze organische-stofgehalten in dezelfde lagen ($R^2 = 0,67$) en met de hoeveelheid organische stof die werd vertegenwoordigd door de lichte Ludox-fractie ($R^2 = 0,75$). De relatie werd nog sterker indien tevens rekening werd gehouden met het nitraatgehalte in de lagen. Dan werd ruim 82% van de variantie verklaard door de factoren nitraat en organische stof in de lichte fractie.

Consequenties voor de in-situ mineralisatiemetingen

De hoge denitrificatie in aanwezigheid van extra nitraat en de relatie met het organische-stofgehalte, maakt het waarschijnlijk dat tijdens de *in-situ* mineralisatiemetingen stikstof verloren gaat. Tijdens het plaatsen van de buizen in de grond wordt de grond gemakkelijk in elkaar gedrukt, waardoor toetreden van zuurstof moeilijker wordt. Aangetoond is dat er bijna het gehele jaar vrij hoge minerale stikstofgehalten in de bodem voorkwamen (zie bijvoorbeeld Figuur 20). Bovendien is er gemakkelijk afbreekbare organische stof aanwezig, waardoor de condities voor denitrificatie erg gunstig worden. De buizenmethode voor de metingen van *in-situ* mineralisatie is in deze systemen dan ook niet aan te bevelen.

Organische stof en totaal stikstof

Het gehalte aan organische stof en totaal stikstof is gemeten in april 1996. De resultaten staan vermeld in Tabel 22.

Het hoogste percentage organische stof werd gemeten in GB (2,6%) en het laagste in ECO (2,34%). In ECO en GB was de organische stof gelijkmatig verdeeld over de bouwvoor, maar in MGB had de laag 0-5 cm het hoogste en de laag 12-25 cm het laagste gehalte.

Het gehalte aan N-totaal verschilde weinig tussen de systemen (0,12-0,13%) en vertoonde eenzelfde verdeling als de organische stof.

Tabel 22. Het gehalte (%) aan organische stof (os) en totaal stikstof (N) bij verschillende bodembewerkingen op de Lovinkhoeve. A: gangbare ploegdiepte (GB), B: ecoploeg (ECO), C: Minimale grondbewerking (MGB).

Grondbewerking	os			N		
	0-5 cm	0-12 cm	12-25 cm	0-5 cm	0-12 cm	12-25 cm
GB		2,60	2,61		0,13	0,13
ECO		2,17	2,32		0,12	0,12
MGB	2,91		2,17	0,15		0,10

Organische-stoffracties

Het gehalte aan stikstof en koolstof in de vier organische-stoffracties (Ludox licht en zwaar en fracties 20-150 en < 20 µm) is op vier tijdstippen bepaald: mei en december 1996 en maart en november 1997.

Tabel 23. De hoeveelheid stikstof (mg N per kg grond) in de lichte Ludox-fractie (A, LSD 5,501 mg N per kg grond) en de zware Ludox-fractie (B, LSD 6,330 mg N per kg grond).

A.

Ploeg	Laag	mei '96	december '96	maart '97	november '97
Gangbaar	0-12	9,32	8,54	11,65	21,26
	12-25	17,34	6,25	11,65	12,04
Ecoploeg	0-12	17,29	6,76	12,73	28,73
	12-25	21,42	2,92	7,31	8,59
Minimale grondbewerking	0-5	34,10	19,71	23,36	40,23
	5-12	6,30	10,36	15,13	19,09
	12-25	33,19	1,46	3,16	3,72

B.

Ploeg	Laag	mei '96	december '96	maart '97	november '97
Gangbaar	0-12	36,32	33,91	22,25	19,45
	12-25	43,49	27,96	21,85	19,49
Ecoploeg	0-12	33,15	22,24	16,74	11,26
	12-25	29,60	25,11	15,50	14,50
Minimale grondbewerking	0-5	68,86	46,87	30,86	24,51
	5-12	26,33	36,27	23,90	22,71
	12-25	58,41	18,85	13,86	16,76

De resultaten voor de lichte en zware Ludox-fractie staan vermeld in Tabel 23. Er was geen verschil tussen drijfmest en stalmest en om die reden zijn deze gegevens samengevoegd.

Het hoogste gehalte aan N in de lichte en zware Ludox-fracties werd gevonden in de laag 0-5 cm van MGB. Ook het laagste gehalte werd in MGB gevonden, maar nu in de laag 12-25 cm. De verschillen tussen GB en ECO waren gering, maar de gehalten in de laag 12-25 cm waren bij ECO over het algemeen lager.

Er was dus een duidelijk effect van de grondbewerking op de verdeling van de organische stof in de bodem. Bij MGB bleef het merendeel van de organische stof in de bovenste 5 cm achter, terwijl de diepere lagen min of meer uitgeput raakten. Dit ondanks het feit dat er tijdens het rooien van aardappelen en bieten ongetwijfeld een zekere menging van lagen moet zijn opgetreden. Ook bij gebruik van de ecoploeg blijft het merendeel van de organische stof in de bovenste bodemlaag. Dit zal waarschijnlijk nog toenemen indien de ecoploeg langer wordt toegepast: MGB werd al onafgebroken toegepast op het perceel sinds 1973, de ecoploeg pas sinds 1 jaar.

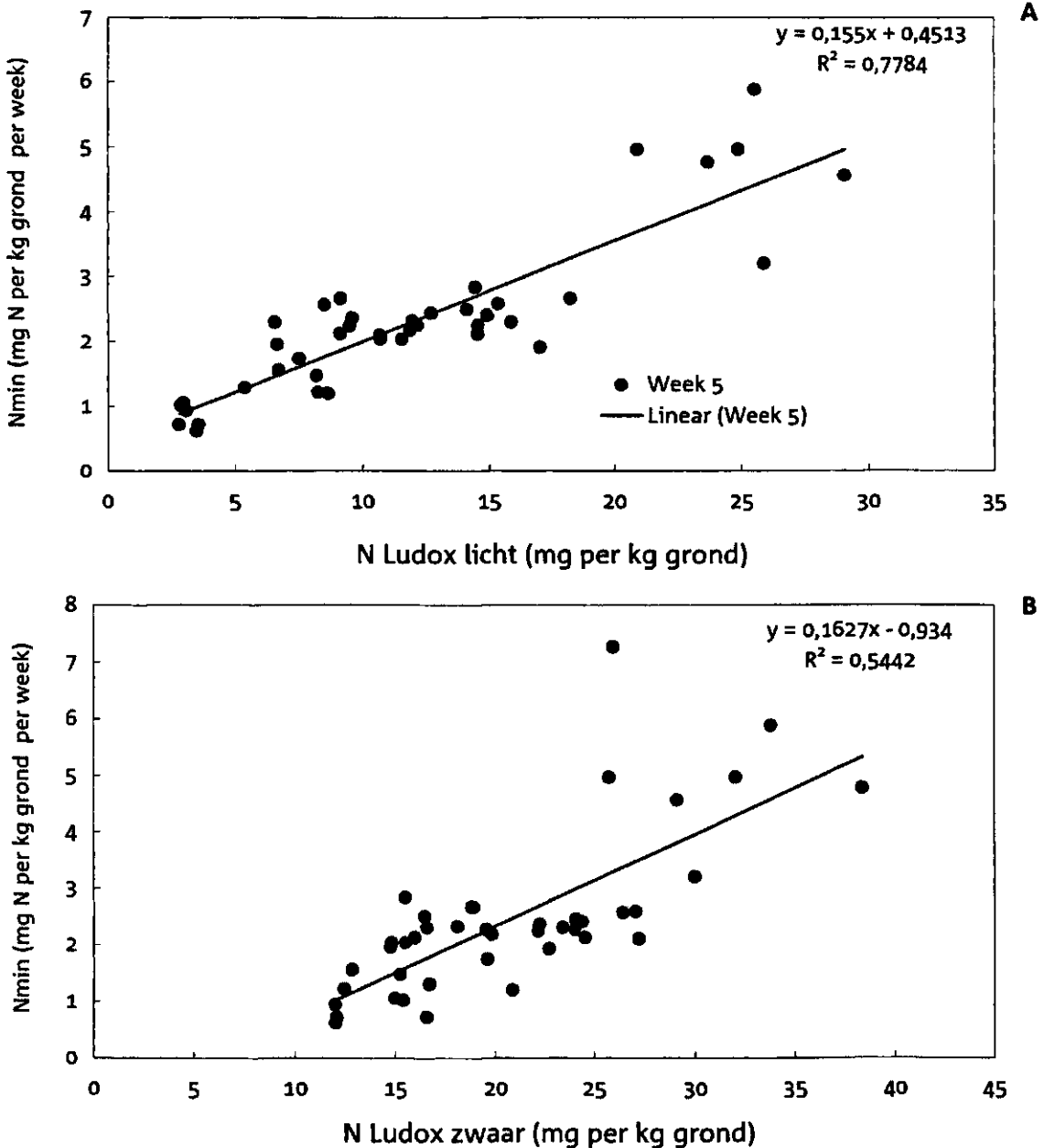
Relatie tussen N in de organische-stoffracties en mineralisatie

Hassink vond voor grasland een lineair verband tussen de hoeveelheid N in de lichte os-fractie en de potentiële mineralisatie. Dit verband was onafhankelijk van de grondsoort, in tegenstellingen tot veel andere factoren die in verband staan met de mineralisatie en bood daardoor een aantrekkelijke methode om de mineralisatie van graslandpercelen te voorspellen.

De relatie tussen de hoeveelheid N in de lichte en zware Ludox-fracties en de potentiële N-mineralisatie staat weergegeven in Figuur 21. In maart en december 1997 was er een goed lineair verband tussen stikstof in de lichte organische-stoffracties en de N-mineralisatie. Het percentage verklaarde variantie, de hellingshoek en het intercept met de Y-as verschilde slechts weinig van elkaar. In maart was er wel een goede relatie tussen de N in de zware fractie en de N-mineralisatie, maar het percentage verklaarde variantie was lager dan voor de lichte fractie. In december 1997 was er geen verband aantoonbaar.

De relatie tussen de N-mineralisatie en de hoeveelheid koolstof in de organische-stoffracties is eveneens bepaald (figuren niet getoond), maar het verband was veel zwakker dan voor stikstof.

De conclusie luidt dat er voor de percelen op de Lovinkhoeve, waar binnen een grondsoort een grote variatie aan gehalten aan organische stof in verschillende klassen is ontstaan, de N-mineralisatie een goed verband vertoont met de hoeveelheid N in de lichte organische-stoffracties.



Figuur 21. De relatie tussen de hoeveelheid N in de lichte (A) en zware (B) Ludox-fractie en de stikstofmineralisatie op de Lovinkhoeve.

Gewasopname

De hoogste gewasproductie (ui) werd gevonden op GB met drijfmest (5,94 t ds per ha) en de laagste op GB met stalmest (4,21 ton per ha). De hoogste stikstofonttrekking vond plaats op GB

met drijfmest en op beide ECO-percelen (ca. 120 kg per ha). De N-onttrekking op GB met stalmest en op MGB was respectievelijk 90 en 95 kg.

In termen van efficiëntie (N-onttrekking gedeeld door de maximum hoeveelheid N-min in de bouwvoor) was ECO-stalmest het meest efficiënt, gevolgd door ECO-drijfmest (respectievelijk 118 en 96%) en MGB drijfmest het laagst gevolgd door MGB-stalmest (respectievelijk 27 en 31%). De efficiëntie van GB bedroeg ca. 50%.

OBS

N-min in het veld

De hoeveelheden N-min in de bouwvoor zijn weergegeven in Figuur 22. Ze vertonen min of meer karakteristieke patronen voor akkerbouwsystemen: relatief hoog in voorjaar en vroege zomer en laag ten tijde van de oogst. In 1996 waren de verschillen tussen perceel 5 en 6 vrij groot: de maximum hoeveelheid op perceel 6 was ca. 125 kg per ha en op perceel 5 bijna 75 kg per ha. Na de oogst waren de verschillen gering; op beide percelen tussen de 25 en 50 kg N per ha. In 1997 was de hoeveelheid N-min op perceel 5 iets hoger dan op 6. Over beide jaren gemeten was er een gering, maar statistisch betrouwbaar verschil tussen beide percelen (Tabel 24).

Tabel 24. Minerale stikstof (kg N per ha) en stikstofmineralisatie (kg N per ha per week) op de percelen 5 en 6 van de OBS; gemiddeld over de gehele meetperiode.

	Perceel		LSD
	5	6	
Minerale N	32,29	36,9	3,570
N-mineralisatie	1,77	2,46	0,656

In-situ mineralisatie

De *in-situ* mineralisatie staat weergegeven in Figuur 23 in kg N per ha per week en in Tabel 25 in kg N per ha. In Tabel 24 staat de gemiddelde mineralisatie over de gehele meetperiode.

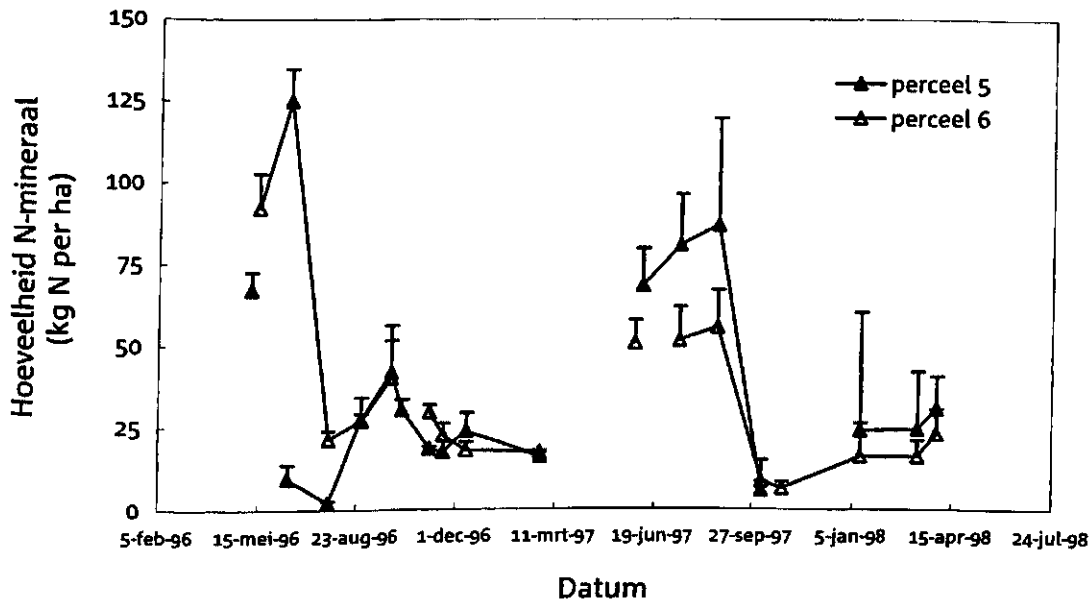
De totale mineralisatie van 1996 tot 1998 bedroeg 183 kg N op perceel 5 en 226 kg N op perceel 6. De gemiddelde mineralisatie was 1,8 kg per ha per week op perceel 5 en 2,5 kg per ha per week op perceel 6; de verschillen waren gering, maar statistisch betrouwbaar ($p < 0,05$).

De *in-situ* mineralisatie volgt min of meer het volgende patroon als de hoeveelheid N-min in de bodem: relatief hoog gedurende de zomer en herfst en relatief laag gedurende de winter en het voorjaar. In de winter van 1997-1998 bleef de mineralisatie echter relatief hoog.

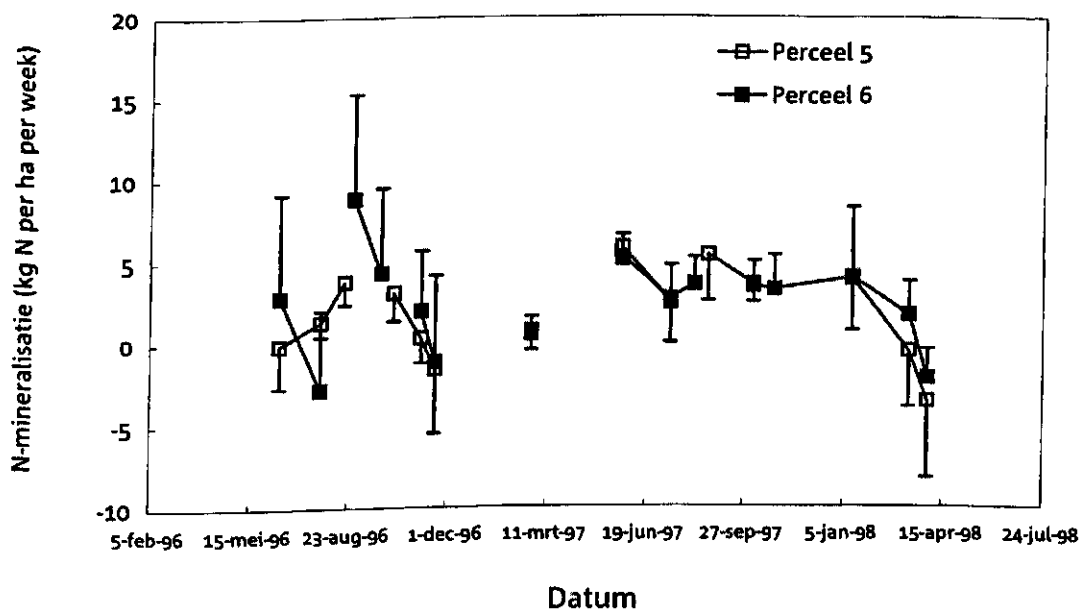
Tabel 25. Totale *in-situ* mineralisatie op de percelen 5 en 6 van de OBS (kg N per ha).

Datum	Gemiddeld		STD	
	Perceel 5	Perceel 6	Perceel 5	Perceel 6
14-jun-96	-0,4	12,7	-0,4	12,7
26-jul-96	8,1	-16,6	8,1	-16,6
19-aug-96	13,1		13,1	
28-aug-96		41,9		41,9
25-sep-96		17,4		17,4
8-okt-96	18,3		18,3	
5-nov-96	1,4	11,2	1,4	11,2
19-nov-96	-3,1	-2,2	-3,1	-2,2
12-dec-96				
24-feb-97	5,9	7,8	5,9	7,8
4-apr-97				
26-mei-97	43,2	38,9	43,2	38,9
14-jul-97	13,3	17,1	13,3	17,1
8-aug-97		12,8		12,8
22-aug-97	29,9		29,9	
7-okt-97	23,5	23,0	23,5	23,0
28-okt-97		9,8		9,8
13-jan-98	43,2	44,2	43,2	44,2
12-mrt-98	-3,6	14,7	-3,6	14,7
31-mrt-98	-9,6	-5,7	-9,6	-5,7
Totaal '96-'97	43,2	72,1		
Totaal '97-'98	139,8	154,7		
Totaal '96-'98	183,0	226,8		

De oorzaak van de verschillen is in dit geval vrij moeilijk te achterhalen, omdat beide percelen in grote lijnen hetzelfde teeltsysteem hadden. Waarschijnlijk worden de verschillen vooral veroorzaakt door een faseverschil in de rotatie, welke gepaard gaat met een verschil in bemesting.



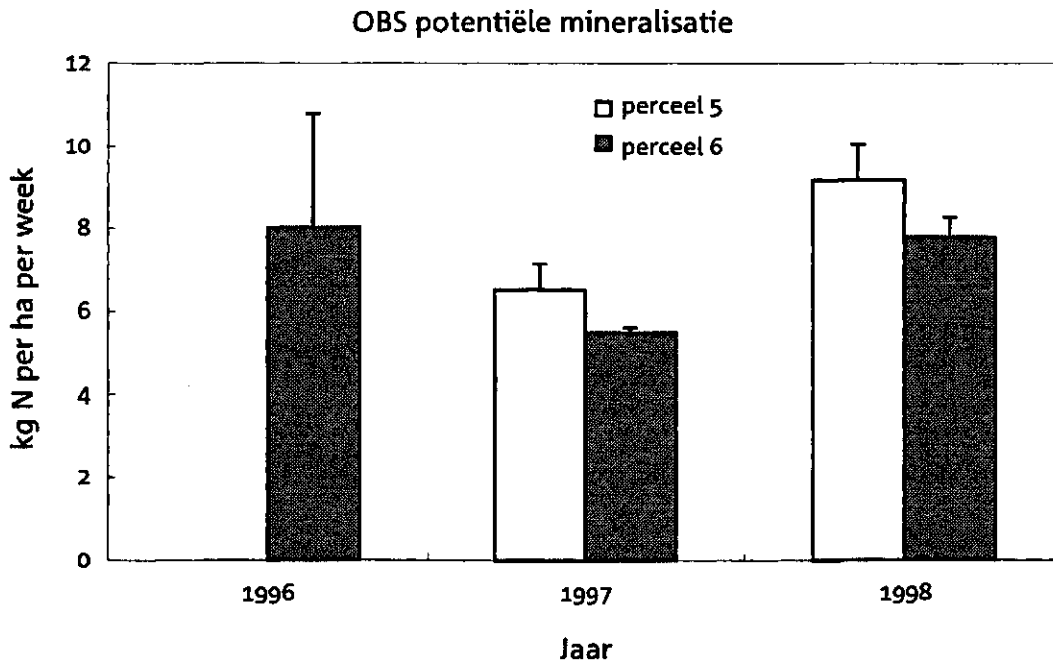
Figuur 22. De hoeveelheid N-mineraal in de bouwvoor van de percelen 5 en 6 op de OBS gedurende de meetperiode (kg N per ha).



Figuur 23. De *in-situ* N-mineralisatie in de bouwvoor van de percelen 5 en 6 op de OBS gedurende de meetperiode (kg N per ha per week).

Potentiële mineralisatie

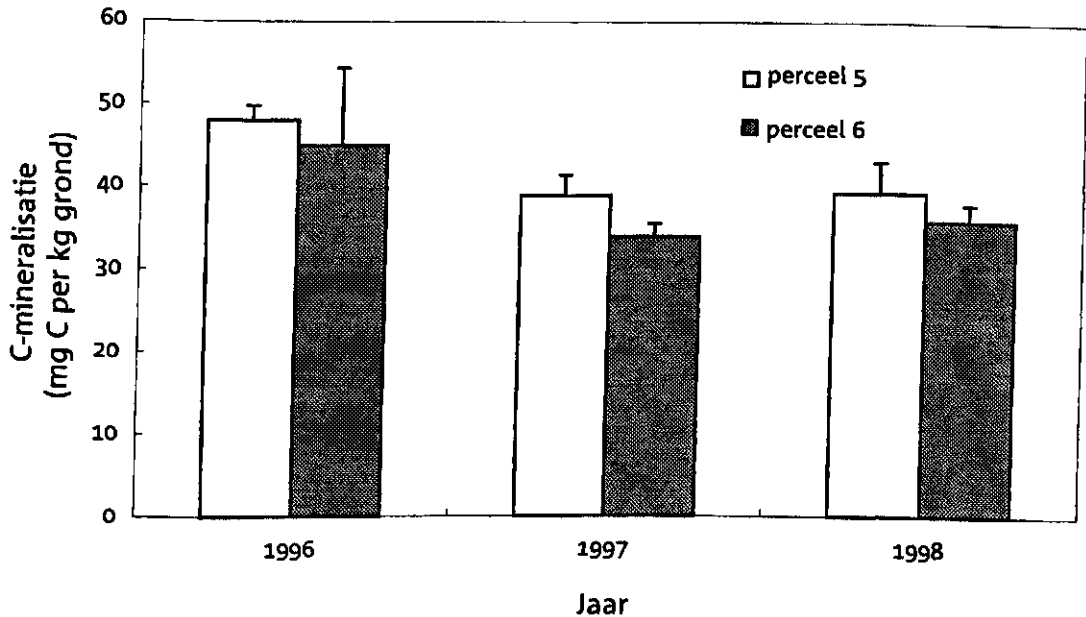
De potentiële N-mineralisatie staat weergegeven in Figuur 24. De meting van perceel 5 van 1996 is verloren gegaan, zodat de vergelijking tussen de percelen is gebaseerd op de jaren 1997 en 1998.



Figuur 24. De potentiële N-mineralisatie in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen 5 en 6 op de OBS gedurende de meetperiode (kg N per ha per week).

De gemiddelde mineralisatie op perceel 5 was 2,2 mg N per kg grond per week en 1,85 mg N per kg grond per week op perceel 6. Het verschil was statistisch betrouwbaar. In 1998 was de mineralisatie op beide percelen ca. 40% hoger dan in 1997.

De potentiële C-mineralisatie staat weergegeven in Figuur 25. Er was geen verschil tussen beide percelen; in 1996 was de C-mineralisatie significant hoger dan in de twee andere jaren.

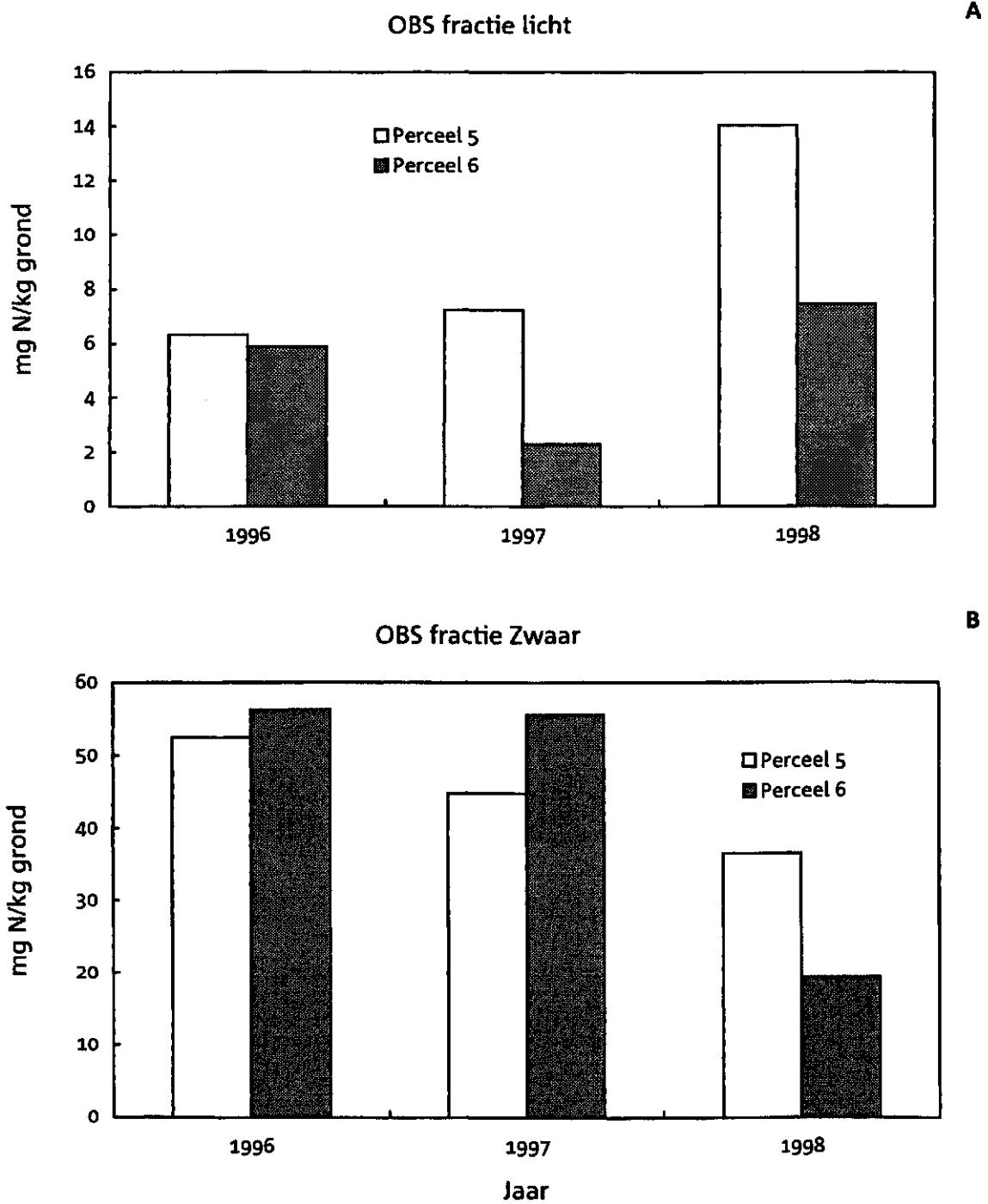


Figuur 25. De potentiële C-mineralisatie in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen 5 en 6 op de OBS gedurende de meetperiode (mg C per kg grond gedurende 5 weken).

Organische stof

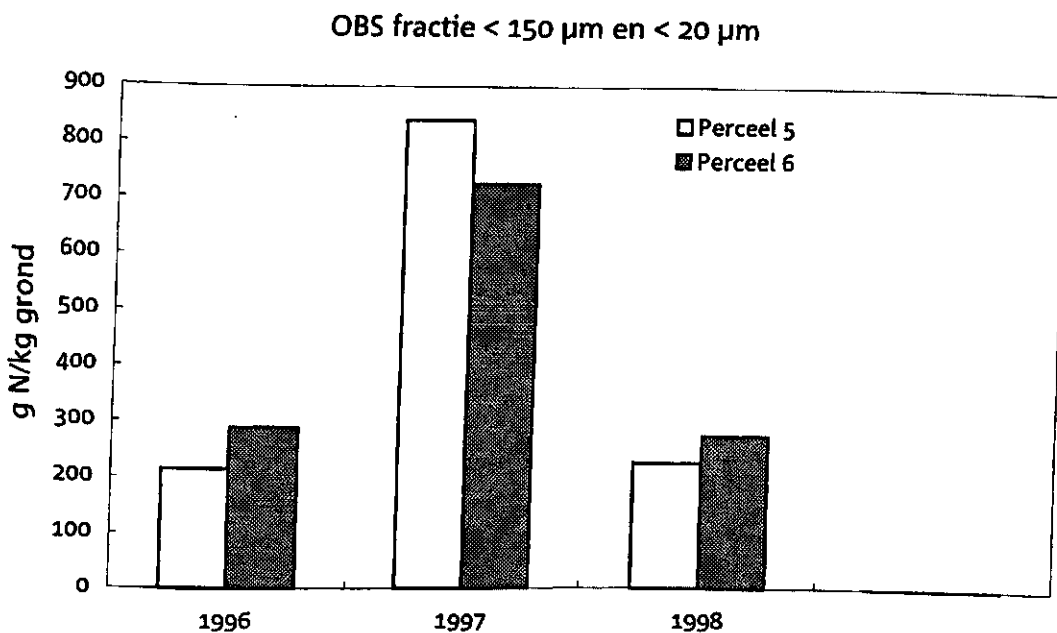
Op de OBS werden vijf organische-stoffracties onderscheiden; naast de fracties die ook op de andere locaties werden geïsoleerd werd op de OBS ook de fractie > 150 μm met een soortelijk gewicht tussen 1,13 en 1,37 geïsoleerd. Hier zijn de cijfers van de middelzware en zware fractie samengevoegd.

De resultaten staan weergegeven in Figuur 26. Er was een significant verschil in het N-gehalte van de lichte Ludox-fractie tussen perceel 5 en 6 ($p = 0,02$). Verder nam het gehalte in perceel 5 toe ($p < 0,02$) gedurende de jaren, maar niet in perceel 6. Er was geen verschil in het N-gehalte van de zware Ludox-fracties tussen de percelen. In 1997 was het gehalte significant hoger ($p < 0,001$) dan in de overige jaren. De beide overige fracties (< 20 μm en 20-250 μm) waren in beide percelen gelijk.

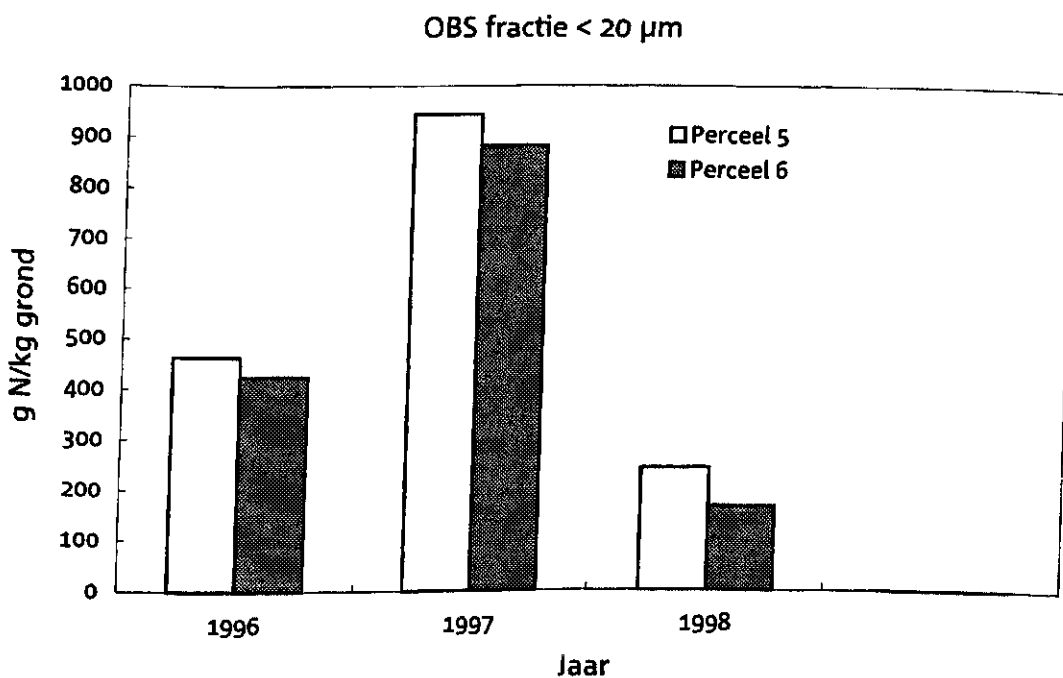


Figuur 26. De hoeveelheid stikstof in de lichte (A) en zware (B) Ludox-fracties en in de fracties tussen 20 en 150 μm (C) en < 20 μm (D) in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen met stalmest en GFT op de OBS (mg N per kg grond). Let op schaal Y-as.

C



D

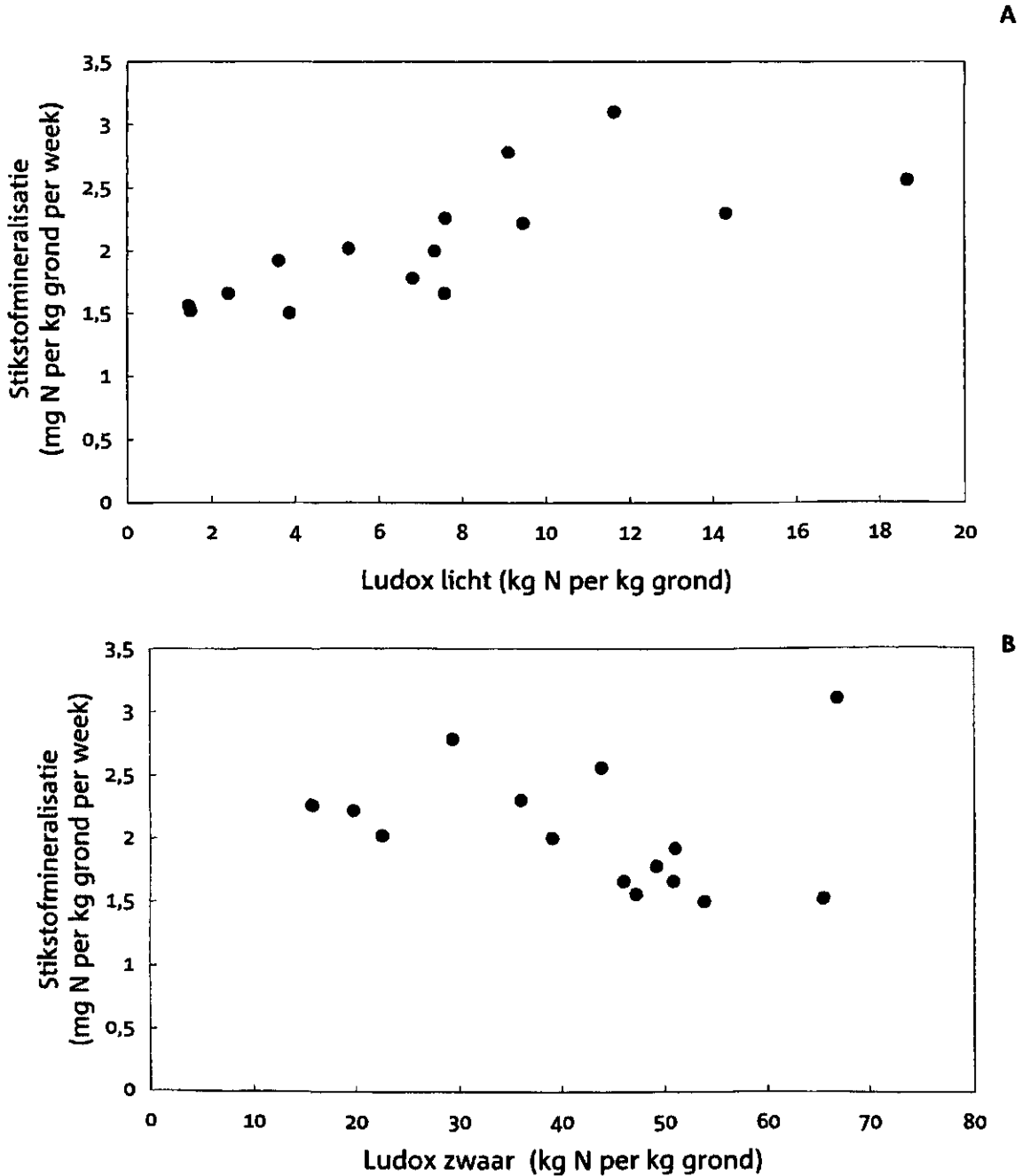


Figuur 26. De hoeveelheid stikstof in de lichte (A) en zware (B) Ludox-fracties en in de fracties tussen 20 en 150 μm (C) en < 20 μm (D) in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen met stalmest en GFT op de OBS (mg N per kg grond).

Ook hier gold dus dat ondanks het min of meer gelijke beheer er verschillen bestonden tussen beide percelen voor wat betreft de organische-stoffracties. Opnieuw is een duidelijke verklaring voor deze verschillen moeilijk te geven, maar door de ontstane verschillen wordt het misschien wel mogelijk om een relatie te leggen met de stikstofmineralisatie.

Relatie tussen potentiële mineralisatie en de gehalten aan organische stof

De relatie tussen de gehalten aan stikstof en de potentiële N-mineralisatie staat weergegeven in Figuur 27. Er was een significante ($p < 0,005$) positieve relatie tussen het N-gehalte in de lichte Ludox-fractie en de stikstofmineralisatie ($R^2 = 0,51$). Tussen de overige fracties en de N-mineralisatie was geen relatie.



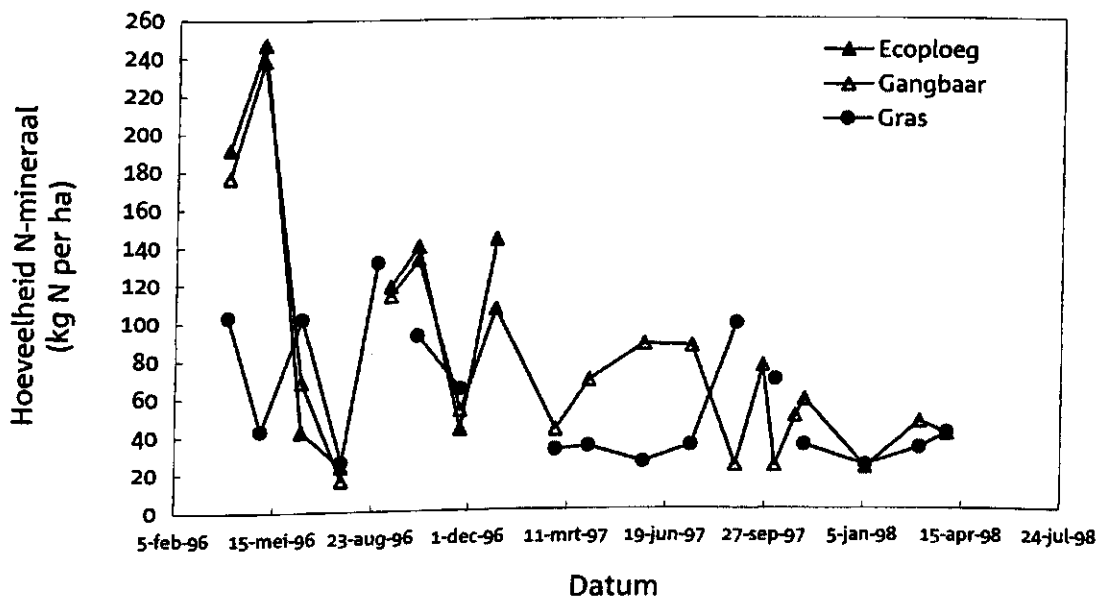
Figuur 27. De relatie tussen de hoeveelheid N in de lichte (A) en zware (B) Ludox-fractie en de stikstofmineralisatie op de OBS.

Er was geen verband tussen het C-gehalte in de organische stoffracties en de koolstof-mineralisatie. Dus net als op de Lovinkhoeve was er hier een positieve relatie tussen de hoeveelheid stikstof in de lichte Ludox-fractie en de N-mineralisatie.

Minderhoudhoeve

N-min in de bodem

De hoeveelheid N-min in de bodem is gemeten van april 1996 t/m april 1998. De resultaten staan vermeld in Figuur 28.



Figuur 28. De hoeveelheid N-mineraal in de bouwvoor van de percelen met gangbare grondbewerking en de ecoploeg en het perceel met grasland op de Minderhoudhoeve gedurende de meetperiode (kg N per ha).

De hoeveelheid N-min in het ondergeploegde grasland was hoog in het voorjaar van 1996 (maximum van 250 kg N per ha op GB en ECO). Op het graslandperceel kwam de hoeveelheid N-min niet boven de 105 kg per ha. Gedurende de zomer van 1996 daalde de hoeveelheid tot ca. 20 kg per ha op alle percelen, waarna eveneens op alle percelen tijdens de herfst weer een toename werd waargenomen tot ca. 140 kg per ha.

Na 1996 werd ECO niet langer toegepast. Op GB werd hetzelfde patroon waargenomen als gedurende 1996, maar het maximum kwam nu niet boven de 100 kg per ha. Op grasland bleef de hoeveelheid laag (ca. 30 kg per ha) gedurende voorjaar en zomer en steeg de hoeveelheid opnieuw tot ca. 100 kg gedurende de herfst.

De variantie-analyse voor ECO, GB en grasland is uitgevoerd over 1996 en apart voor GB en grasland over beide jaren. Het resultaat staat vermeld in Tabel 26.

Tabel 26. Minerale stikstof (kg N per ha) en N-mineralisatie (kg N per ha per week) op de Minderhoudhoeve.

	Ploeg			LSD
	ECO	GB	Grasland	
Minerale N (1996)	115,3	114,4	80,5	15,8
N-mineralisatie	10,03	3,7	17,4	5,1
Minerale N (1996-1998)		75,8	59,8	8,7
N-mineralisatie		4,45	14,26	2,74

Gemiddeld over 1996 was de hoeveelheid N-min op ECO en GB gelijk (ca. 115 kg per ha) en op grasland significant ($p < 0,001$) lager (80 kg per ha).

Tabel 27. Totale in situ mineralisatie op de Minderhoudhoeve na ecoploegen, gangbaar ploegen en onder grasland (kg N per ha).

Datum	Gemiddeld			STD		
	Ecoploeg	Gangbaar	Gras	Ecoploeg	Gangbaar	Gras
2-mei-96	71,9	25,0	110,6	108,0	82,4	140,7
17-jun-96	4,3	42,9	108,0	30,1	45,1	210,3
23-jul-96	27,8	34,7	49,5	81,2	38,9	163,4
27-aug-96	67,1	53,1	108,1	187,9	49,7	161,6
8-okt-96	106,7	30,1	76,0	116,4	59,7	204,7
22-nov-96	41,4	1,7	235,9	27,8	21,3	
5-dec-96	9,4	-18,7		47,9	45,4	
27-feb-97	-33,2	-31,7	43,0		31,9	34,8
2-apr-97		4,8	33,4		30,8	38,6
27-mei-97		51,9	59,9		60,5	70,9
14-jul-97		65,0	106,2		42,9	95,5
22-aug-97		6,2	115,1		42,2	
24-sep-97		39,0			19,2	
7-okt-97		24,8	172,7		22,6	
28-okt-97		26,1				
6-nov-97			22,9			75,8
8-jan-98		59,3	87,6		25,1	78,1
3-mrt-98		-27,2	32,9		16,1	42,6
31-mrt-98		29,3	98,7		55,6	143,1
Totaal '96-'97	295,4	137,1	731,2	74,9	38,3	91,2
Totaal '97-'98		279,4	729,4			
Totaal '96-'98	295,4	416,5	1460,7			

Na 1996 daalde de gemiddelde hoeveelheid N-min op GB tot ruim 50 kg per ha en op grasland tot ruim 40 kg per ha. Gemiddeld over de gehele periode was de hoeveelheid N-min op grasland lager dan bij GB ($p < 0,001$).

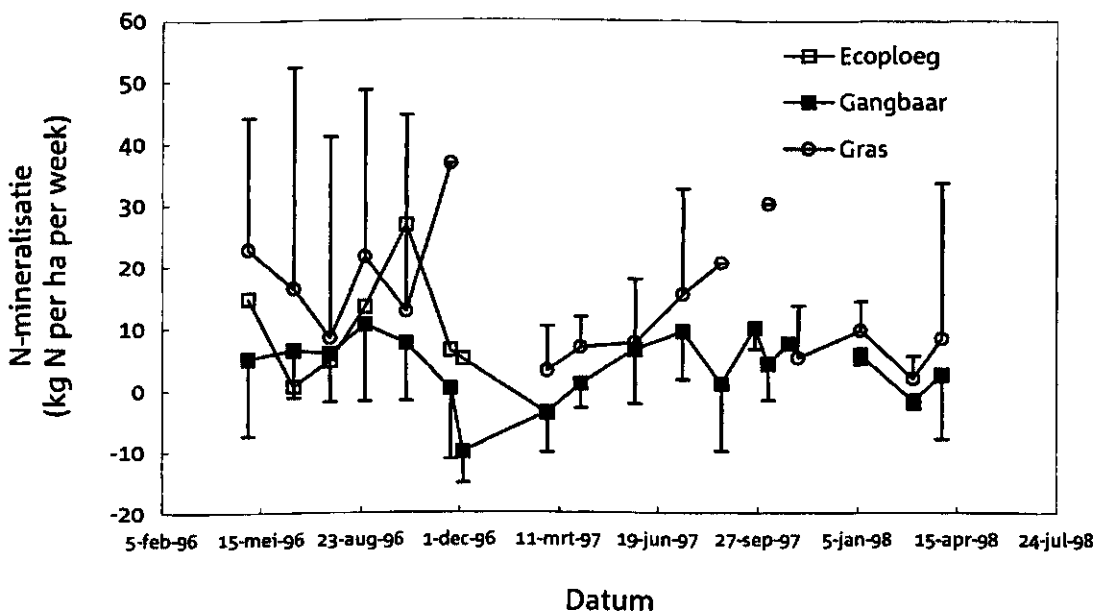
In-situ mineralisatie

De *in-situ* mineralisatie staat weergegeven in Tabel 27 in kg N per ha en in Figuur 29 en Tabel 26 in kg N per ha per week. De totale N-mineralisatie in 1996 was het hoogst op grasland (731 kg per ha) gevolgd door het perceel met de ecoploeg (295 kg per ha) en daarna op het perceel met de gangbare ploegdiepte (137 kg per ha). De totale mineralisatie op het grasland-perceel was in 1997 gelijk aan dat van 1996. Op GB was de mineralisatie iets in 1997 hoger dan in 1996. De variantie-analyse is uitgevoerd op de mineralisatie per week.

Het patroon van de *in-situ* mineralisatie (Figuur 29) op GB was vrij regelmatig: hoog gedurende voorjaar en zomer (tot 10 kg per ha per week) en laag gedurende de herfst en winter, vooral in 1996, toen er zelfs N-min uit de buizen verdween.

Op grasland werd de hoogste *in-situ* mineralisatie gevonden gedurende de herfst (tot meer dan 35 kg per ha per week). De waarnemingen voor ECO waren te gering in aantal om er een patroon in te herkennen.

Gemiddeld over 1996 was de *in-situ* mineralisatie het hoogst onder gras (17,4 kg per ha per week) gevolgd door ECO (10,3 kg per ha per week) en GB (ca. 4 kg per ha per week). Over de gehele periode was de mineralisatie onder gras gemiddeld 14,3 kg per ha per week en onder GB 4,5 kg per ha per week. Het verschil was statistisch betrouwbaar ($p < 0,001$).



Figuur 29. De *in-situ* N-mineralisatie in de bouwvoor van de percelen met gangbare grondbewerking en de ecoploeg en het perceel met grasland op de Minderhoudhoeve gedurende de meetperiode (kg N per ha per week).

Potentiële mineralisatie

Op de Minderhoudhoeve is geen potentiële mineralisatie gemeten.

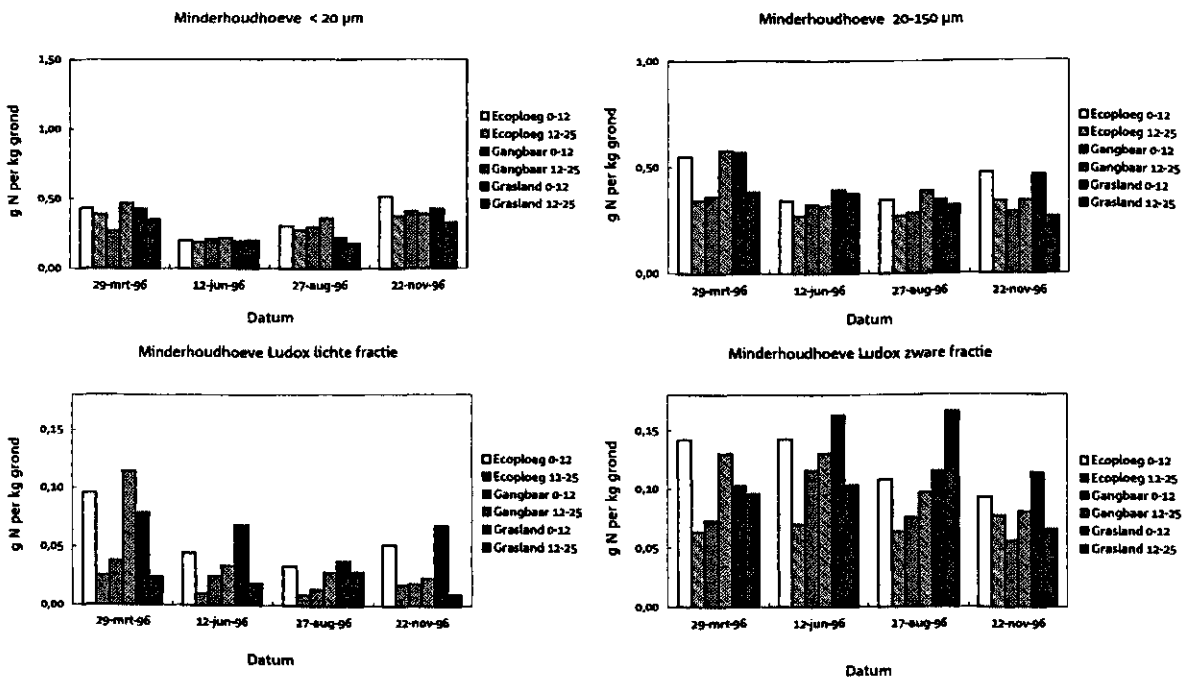
Organische stof

De bemonstering van de organische-stoffracties op de Minderhoudhoeve veranderde gedurende de loop van het project. In 1996 zijn op vier tijdstippen monsters van alle behandelingen genomen op twee verschillende dieptes: 0-12 cm en 12-25 cm. Na 1996 stopte de behandeling met de ecoploeg en vanaf dat moment zijn er monsters genomen uit de laag 0-25 cm. Om die reden wordt de vergelijking tussen gangbaar ploegen, ecoploegen en grasland alleen gemaakt voor 1996.

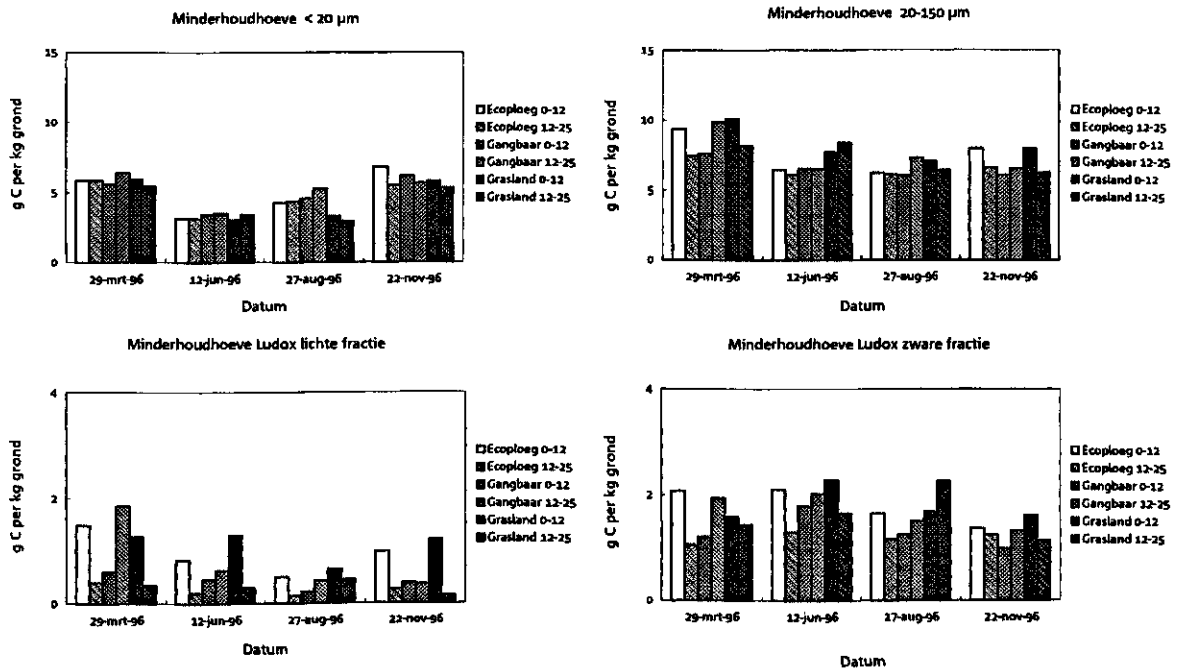
De vergelijking tussen gangbaar ploegen en grasland wordt tevens gemaakt voor de gehele periode 1996-1998, maar dan alleen voor de laag 0-25 cm. Daarvoor zijn de gegevens van de lagen 0-12 en 12-25 cm uit 1996 samengevoegd.

Vergelijking GB, ECO en Grasland

Op de Minderhoudhoeve is in 1996 op vier momenten het gehalte aan organische stof in de vier verschillende fracties bepaald. De resultaten staan in Figuur 30 (stikstof) en 31 (koolstof). Over de gehele bouwvoor bekeken, was er tussen de verschillende bodembewerkingen geen statistisch betrouwbaar verschil in het gehalte aan N en C in de Ludox-fracties.



Figuur 30. De hoeveelheid stikstof in de lichte en zware Ludox-fracties en in de fracties tussen 20 en 150 µm en < 20 µm in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen met gangbare grondbewerking en de ecoploeg en het perceel met grasland op de Minderhoudhoeve in 1996 (g N per kg grond).



Figuur 31. De hoeveelheid koolstof in de lichte en zware Ludox-fracties en in de fracties tussen 20 en 150 μm en <math>< 20 \mu\text{m}</math> in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen met gangbare grondbewerking en de ecoploeg en het perceel met grasland op de Minderhoudhoeve in 1996 (g C per kg grond).

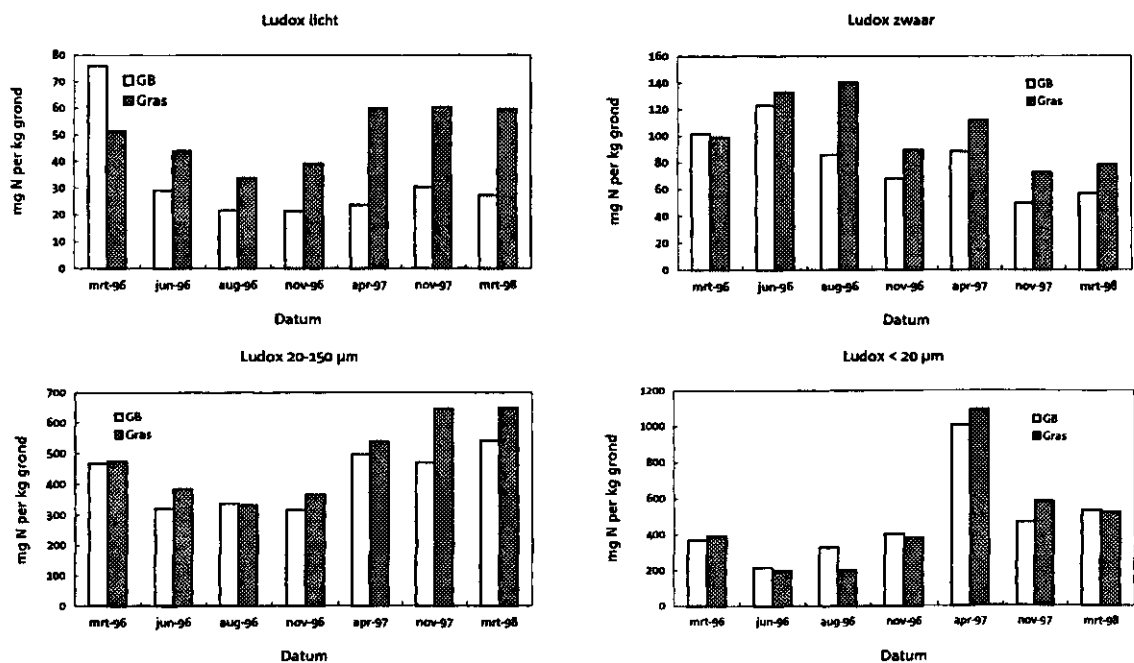
Wel was er een duidelijk verschil tussen de laag 0-12 en 12-25 cm, en dan met name bij de lichte en zware Ludox-fracties en daarbij was er wel een duidelijk onderscheid tussen de grondbewerkingen. Bij de ecoploeg en in grasland was het C- en N-gehalte in de bovenlaag veel hoger dan in de laag daaronder. Bij de gangbare ploeg was dit eerder andersom.

De conclusie luidt dan ook dat als gevolg van de gangbare ploegdiepte de makkelijk afbreekbare fractie in de onderste bovenlaag terecht was gekomen en daar vrij snel werd afgebroken. Bij de ecoploeg bleef de makkelijk afbreekbare fractie in de bovenlaag achter, maar werd daar ook vrij snel afgebroken. Onder grasland zat het merendeel van de makkelijk afbreekbare fractie eveneens in de bovenste 12 cm; onder gras bleef het gehalte het hele jaar vrij hoog. De moeilijk afbreekbare fracties daarentegen waren gelijkmatig verdeeld over de bodemlagen en dat bleef ook zo gedurende 1996.

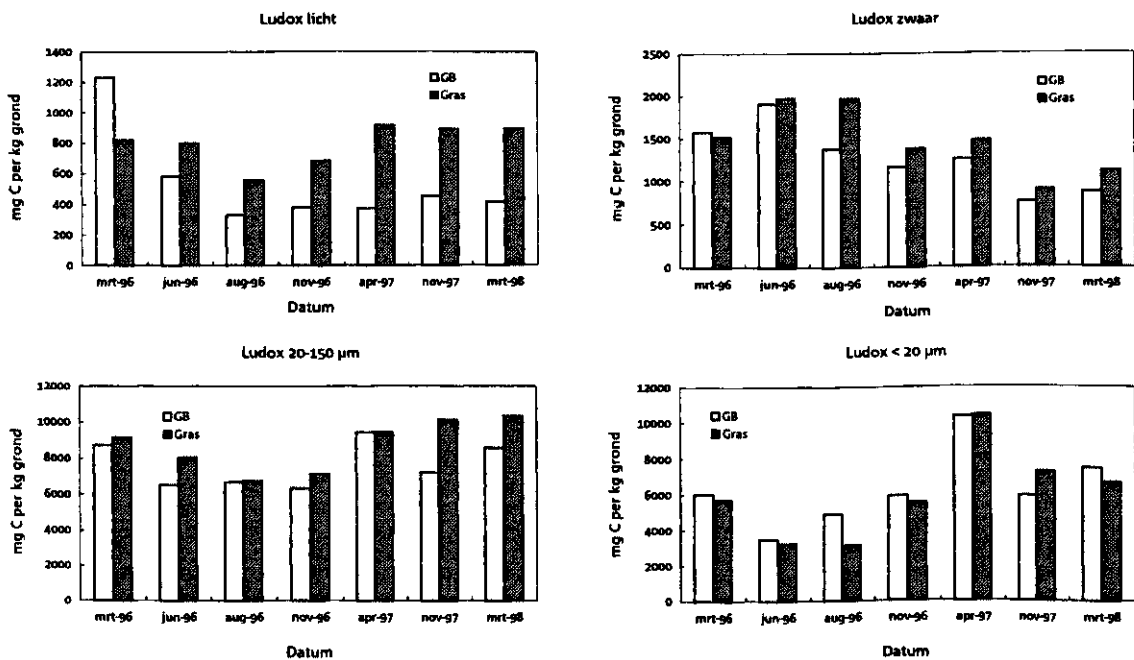
Het gehalte aan koolstof vertoonde hetzelfde patroon als dat aan stikstof.

Vergelijking GB en Grasland 1996-1998

De vergelijking over de gehele periode 1996-1998 is gemaakt voor de laag 0-25 van GB en grasland. De resultaten staan in Figuur 32 (stikstof) en Figuur 33 (koolstof).



Figuur 32. De hoeveelheid stikstof in de lichte en zware Ludox-fracties en in de fracties tussen 20 en 150 µm en < 20 µm in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen met gangbare grond-bewerking en het perceel met grasland op de Minderhoudhoeve in 1996, 1997 en 1998 (g N per kg grond).



Figuur 33. De hoeveelheid koolstof in de lichte en zware Ludox-fracties en in de fracties tussen 20 en 150 µm en < 20 µm in het voorjaar in de bouwvoor van de percelen met gangbare grond-bewerking en het perceel met grasland op de Minderhoudhoeve in 1996, 1997 en 1998 (g C per kg grond).

De hoeveelheid N in de lichte en zware Ludox-fractie en de fractie 20-150 μm van GB was (gemiddeld over de gehele periode) ongeveer 75% lager dan van grasland, behalve op het eerste monstertijdstip. Het verschil was statistisch betrouwbaar. Het gehalte in de fractie < 20 μm was gelijk.

Gedurende de tijd veranderde de hoeveelheid N in de organische stof van GB. De lichte fractie daalde vrij snel en bleef daarna gelijk. De zware fractie schommelde wat op en neer. Stikstof in de fractie tussen 20 en 150 μm daalde gedurende 1996 en steeg daarna weer naar het uitgangsniveau. Ook de fractie < 20 μm steeg, waarbij de piek in april 1997 opvallend was. De hoeveelheid N in de lichte fractie van grasland daalde eveneens in 1996, maar veel minder dan bij GB. De overige fracties vertoonden min of meer hetzelfde patroon als dat van GB.

Samenvattend:

1. Het onderscheid in de organische-stoffracties tussen ondergeploegd grasland en grasland zit voornamelijk in de lichte en zware Ludox-fracties.
2. Als gevolg van het onderploegen van grasland daalde met name het gehalte aan de lichte Ludox-fractie sterk. Gelijktijdig steeg het gehalte in de zware fractie tijdelijk.
3. Bij de ecoploeg en onder grasland zat het merendeel van de makkelijk afbreekbare organische stof in de bovenste laag van de bodem. Er was dus een duidelijk effect van de ploegdiepte op de verdeling van de makkelijk afbreekbare organische stof.

2. Voorspelling van de stikstofmineralisatie met MOTOR

2.1 Inleiding

Bij de biologische teelt bestaat grote behoefte aan een methodiek om het N-leverend vermogen van gronden en toegediende organische meststoffen te voorspellen. Onder N-leverend vermogen wordt niet alleen de potentiële N-mineralisatie verstaan, maar ook begrippen als het tijdstip van leveren, de duur van leveren en eventuele verliesposten zoals uitspoeling, denitrificatie en (tijdelijke) opslag in andere organische vormen in de bodems. Een computermodel biedt ongetwijfeld de meest systematische manier om alle kennis van de stikstofkringloop te bundelen en een uitgebreide voorspelling te maken van het verloop van het N-leverend vermogen van meststoffen en grond. In dit deel van het rapport wordt een model (Whitmore, 1995) gebruikt om simulatieberekeningen te maken en te vergelijken met veldmetingen in de bollenteelt voor zowel gangbare als biologische percelen.

Methodiek en modellering

Het hier gebruikte model kijkt in detail af van de beschrijvingen van Addiscott & Whitmore (1987) en Whitmore (1995). Omdat de principes van de stikstofkringloop hetzelfde blijven, ook bij verschillende teelten, volgt hieronder eerst een beknopte beschrijving van het model en daarna een meer uitgebreide beschrijving van de aanpassingen die nodig zijn in de gewasgroeimodule om de bollenteelt te simuleren.

In Bijlage II is een lijst opgenomen van gegevens die nodig zijn om het model te draaien.

Uitspoeling

Het model ziet de grond als een serie laagjes van elk 5 cm dik. Binnen elke laag zitten twee compartimenten water, samen met bijhorend nitraat: mobiel en immobiel water. Het mobiele water zit in de aggregaten en is op die manier beschermd tegen uitspoeling. Het mobiele water zit tussen aggregaten in en beweegt onder invloed van zowel de zwaartekracht als evaporatie.

Nitraat verplaatst zich langzamer naar beneden dan water, met een snelheid die afhankelijk is van de grootte van de aggregaten. De grootte van de aggregaten hangt op zijn beurt af van de hoeveelheid en soort klei in de grond (Addiscott & Whitmore, 1987).

Mineralisatie, denitrificatie, vastlegging

Omzetting van koolstof en stikstof in de grond gaat via de microbiële biomassa. De afbraak van (verse) organische stof levert energie voor de micro-organismen op; de nodige nutriënten zoals N zijn ook afkomstig uit dit substraat. Stikstof uit de organische stof die niet door micro-organismen wordt opgenomen na afbraak, wordt vrijgemaakt als minerale N. Als de verteerbare massa vers materiaal te weinig stikstof bevat moet N uit de minerale voorraad gehaald worden. Tijdelijk opslaan in de microbiële biomassa is niet ongunstig want de biomassa zelf wordt later omgezet, waarbij weer nutriënten vrijkomen. Andere categorieën van organische stof in de grond waarmee rekening wordt gehouden in de C- en N-kringlopen van MOTOR, zijn

de beschermde en niet beschermde organische stoffen. Zoals de naam suggereert, breekt de niet beschermde organische stof sneller af dan de beschermde. Volledige beschrijvingen van de afbraakprocessen zijn te vinden in Whitmore (1996b) en Hassink & Whitmore (1997).

Gewasgroei

Droge-stofproductie en stikstofopname zijn zoals beschreven door Whitmore (1995) en Whitmore & Addiscott (1987). Temperatuur en (afhankelijk van gewas) fotoperiode bepalen de ontwikkeling van het gewas: met name het bladoppervlak en allocatie van fotosynthaat naar bepaalde organen. Inkomende straling wordt onderschept door blad en wordt in droge stof omgezet. De droge-stofproductie en het groeistadium bepalen samen de stikstofvraag. Het groeistadium bepaalt de allocatie van stikstof naar de diverse plantorganen.

Het model is goed getoetst en gevalideerd voor granen en suikerbiet (Whitmore, 1995) maar is nooit in de bollenteelt toegepast. Een van de doelstellingen van dit project was de mineralisatie in het veld te volgen gedurende het groeiseizoen. Omdat een gewas stikstof onttrekt aan de grond als het groeit, is het van belang om de gemeten netto mineralisatie te vergelijken met de gesimuleerde N-mineralisatie.

Om de te verwachten opname van stikstof te realiseren binnen het model zijn gemiddelde opnamecijfers van het LBO genomen. Ontwikkelingsparameters zijn net zo lang aangepast tot het model het juiste groeipatroon weergaf gedurende het eerste groeiseizoen (1995-96) (de calibratiefase). Daarna (1996-97) zijn dezelfde ontwikkelingsparameters gebruikt om zowel N-opname als N-mineralisatie te simuleren. Het tweede groeiseizoen is dus een volledige validatie van het model op deze percelen.

Omdat er bij bollen weinig wortelgroei naar boven plaatsvindt, is het model aangepast (voor bollen), zodat pas op 20 cm diepte wordt begonnen met opnemen van water en stikstof. Er is verder uitgegaan van gebruikelijke worteldieptes (Tabellen 28-30, J. Bokhorst, pers. comm.).

Bij enkele proeven is er een gras-klover-mengsel gezaaid. Om de stikstoffixatie te berekenen is een eenvoudig N-bindingsmodel gemaakt. Een gras-klover-mengsel wordt beschouwd als een gewas. Voor de fixatie van stikstof heeft een plant energie nodig. De klover (of gras-klover) ruilt koolhydraat voor N. Giller & Day (1985) laten zien dat het tussen 4 en 174 g C kost om 1 g N uit de lucht te binden; ze melden dat een verhouding van 10 g C : 1 g N een gebruikelijk getal is (ofwel aan de hoge kant). Dus een deel van de (potentiële) droge-stofproductie van elke dag wordt niet gebruikt om plantenbiomassa te maken maar om N te binden. Aangenomen is dat de energie die nodig is om 1 g N te binden overeenkomt met de energie die nodig is om 28,3 g drogestof te produceren. Stikstofbinding wordt op die manier sterk afhankelijk van de groei van het gras-klover-mengsel. Er wordt hier verder aangenomen dat N-binding niet wordt belemmerd door externe beperkingen zoals pH of P-gebrek.

2.2 Proefgegevens

Het model is vergeleken met experimentele gegevens van de proeven die op de percelen 1,2, 21 en 26 van proefbedrijf De Noord plaatsvonden. Die proeven zijn elders in dit rapport beschreven. Tabellen 28-30 geven de proefgegevens weer zoals die in het model gebruikt zijn.

Tabel 28. Proefgegevens voor perceel 1,2.

Gewas	Zaai	Oogst	Verwachte oogst, t/ha	Verwachte N-opname, kg/ha	N plantgoed, t/ha	Bewortelingsdiepte ¹ , cm
Krokus	09/10/95	04/07/96	11,8	150	60	15
Gras	11/07/96	01/03/97	4,0	70	3	20
Lelie	20/03/87	10/10/97	9,3	150	36	20
Braak						

Bemesting	Datum	N min, kg/ha	N org, kg/ha	C:N	C resistent, %	NH ₄ :NO ₃
GFT	03/10/95	0	94	11,5	13	
KNO ₃	11/04/96	45				0:100
GFT	12/07/96	0	94	11,5	13	
KAS	15/04/97	31				50:50
Cellulose	06/05/97		3	173,5	13	
KNO ₃	01/06/97	38				0:100
KNO ₃	16/07/97	45				0:100

Tabel 29. Proefgegevens voor perceel 21.

Gewas	Zaai	Oogst	Verwachte oogst, t/ha	Verwachte N-opname, kg/ha	N plantgoed, t/ha	Bewortelingsdiepte ¹ , cm
Tulp	14/11/95	26/07/96	14	200	50	10
Bladram.	29/07/96	01/10/96	0,1	10	3	40
Narcis	26/02/97	15/07/97	14,9	168	60	20
Mosterd	05/08/97	03/09/97	1,5	50	1	40
Braak						

Bemesting	Datum	N min, kg/ha	N org, kg/ha	C:N	C resistent, %	NH ₄ :NO ₃
Stalmest	07/09/95		181	15	10	
Vinasse K	22/03/96	7				100:0
Drijfmest	30/07/96	28	28	20	10	100:0
Cellulose	01/10/96		4,6	183		
Compost	15/10/96		200	73,6	10	
Bloedmeel	15/12/96		27	3,5	0	
Drijfmest	06/08/97	22	22	18	10	100:0
GFT	07/08/97		75,6	10	10	

Tabel 30. Proefgegevens voor perceel 26.

Gewas	Zaai	Oogst	Verwachte oogst, t/ha	Verwachte N-opname, kg/ha	N plantgoed, t/ha	Bewortelingsdiepte ¹ , cm
Lelie	27/03/96	16/09/96	9,3	150	36	20
Gras/klaver	23/10/96	22/10/97	10	250	3	20
Braak						

Bemesting	Datum	N min, kg/ha	N org, kg/ha	C:N	C resistent, %	NH ₄ :NO ₃
Compost	25/03/96		115	10	7	
Vinasse K	01/05/96	7				100:0

Aanpassingen in het model voor in-situ mineralisatie (buisjes-methode)

Zoals elders is beschreven in dit rapport, is de *in-situ* mineralisatie gemeten door middel van de zogenaamde buisjes-methode. Deze *in-situ* mineralisatie kan worden gemodelleerd, maar daarvoor zijn er wel enkele veranderingen in het model noodzakelijk. Daarvoor is er eerst een simulatie uitgevoerd voor elk perceel, met het ongewijzigde model. Dit fungeerde als uitgangssituatie. Daarna zijn evenveel berekeningen met het model uitgevoerd als er N-min-metingen in het veld zijn gedaan, waarbij de gevallen neerslag niet in de bodem werd opgenomen (de buisjes waren immers afgedekt). Bovendien werd onttrekking door de wortels (tijdelijk) gestopt omdat er geen wortelgroei in de buizen plaatsvond.

Gesimuleerde minerale N in de grond in de uitgangssituatie bij tijdstip 0 wordt afgetrokken van gesimuleerde minerale N in de betreffende buisjes bij simulatie op tijdstip t ; dit wordt gedaan voor elk koppel simulaties.

Er is bij de simulaties uitgegaan van een zandgrond; een pF-curve was door het LBO beschikbaar gesteld. Bij de begin van de simulaties is uitgegaan van een watertekort van 60 mm (percelen 1,2 en 21, begindatum sep./okt.) of 0 mm (perceel 26, begindatum maart).

2.3 Resultaten

Algemeen

In het algemeen berekende het model de hoeveelheid minerale N in de grond binnen de verwachte grenzen. Addiscott & Whitmore (1987) en Otter-Nacke (1991) laten zien dat voorspellingen van minerale N in de grond nauwelijks beter kunnen worden dan tot plus of min 20 kg ha⁻¹. In de hier uitgevoerde berekeningen weken 75% van de simulaties minder dan 20 kg ha⁻¹ af van de metingen. Addiscott & Whitmore (1987) vonden 80% van meer dan 100 metingen binnen 20 kg N ha⁻¹ en Otter-Nacke (1991) 70%. Toch zit er een duidelijke afwijking in de modelvoorspellingen. Tabel 31 geeft de 'lack of fit' statistiek weer (Whitmore, 1991) waarin is te zien hoe de modelvoorspellingen zich verhouden tot de variabiliteit in de metingen. Een laag getal

betekent een geringe afwijking. De vermelde getallen in Tabel 31 zijn allemaal te hoog, wat duidt op een significant verschil tussen modelberekeningen en metingen. Dat betekent dat meten gemiddeld gesproken tot een nauwkeuriger voorspelling leidt.

Aan de andere kant is meten duur, en ook van metingen kan men zich afvragen hoe nauwkeurig ze zijn. Het grote voordeel van modelberekeningen is dat ze goedkoop zijn en een niet te onnauwkeurig alternatief voor metingen.

Tabel 31. 'Lack of fit' statistiek.

Perceel	Variance Ratio LOFIT: Error
1,2	24,8
21	13,8
26	5,80

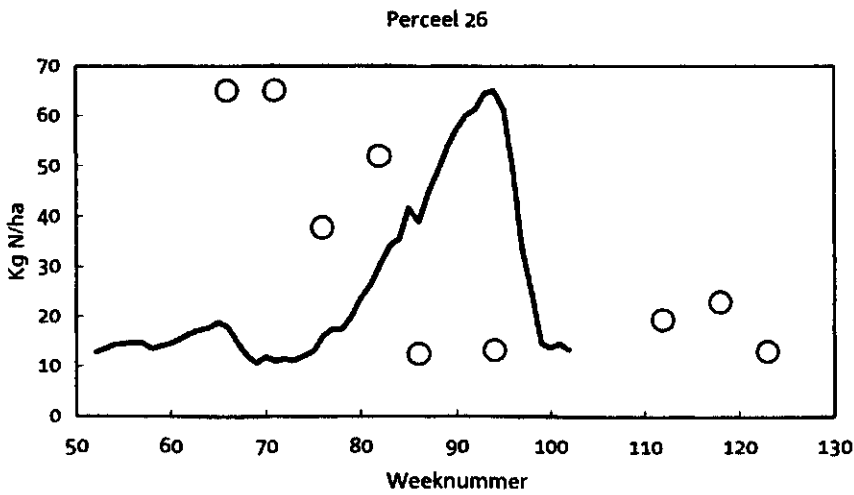
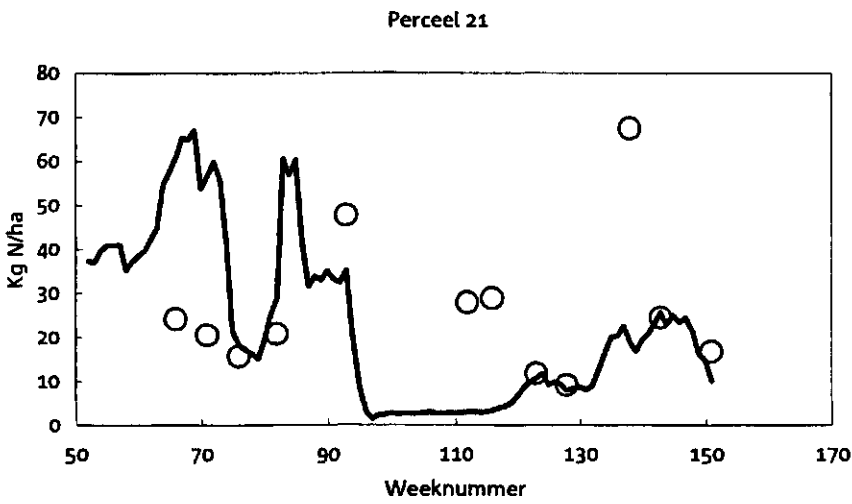
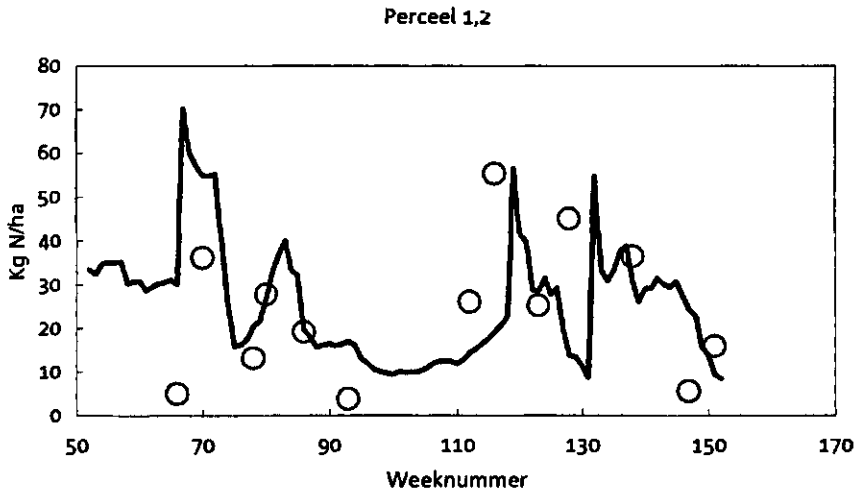
Specifieke percelen

Er zijn metingen en simulaties verricht van zowel het gehalte aan minerale stikstof in de grond (Figuur 34) als van de gemiddelde mineralisatie per dag in de buizen (Figuur 35). De simulaties van het verloop van minerale N in de grond in de tijd waren het beste voor perceel 1,2 (Figuur 34A). Dit is op zich niet zo verrassend, want perceel 1,2 was het geïntegreerde perceel waar een belangrijk deel van de N toegediend werd als kunstmest, wat eenvoudiger te simuleren is. In de biologische teelt zit een extra berekeningsstap, waarin organische stikstof eerst in minerale stikstof moet worden omgezet.

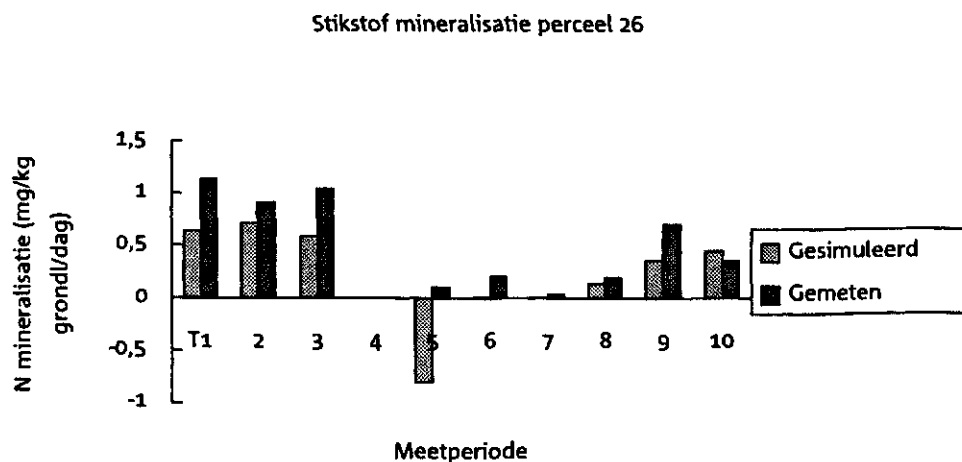
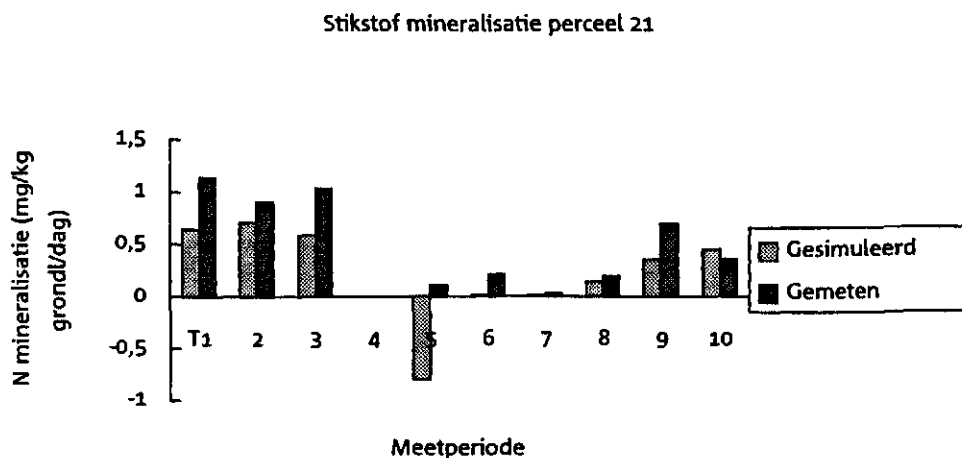
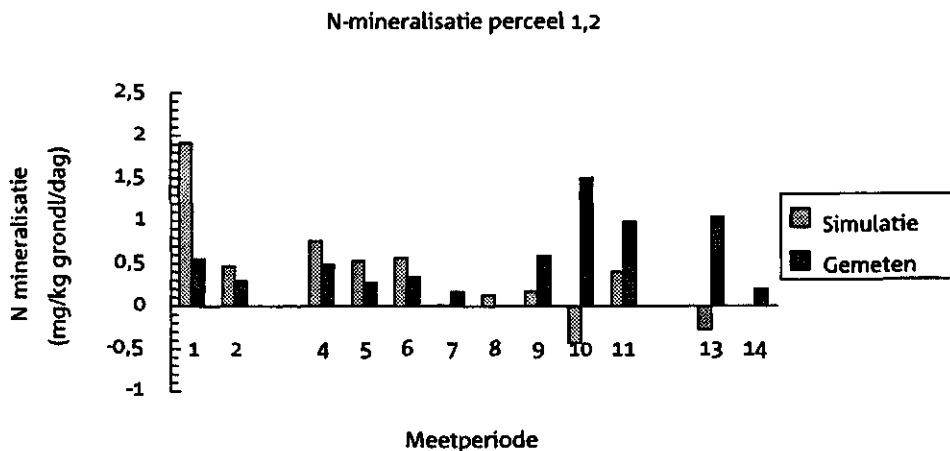
Ook de mineralisatie in de buizen werd redelijk goed gesimuleerd op perceel 1,2; er waren twee metingen waar dit minder goed was: perioden 10 en 13. Er werd op dit perceel cellulose toegepast om erosie te voorkomen. Cellulose wordt wel afgebroken en vraagt veel stikstof (het immobiliseert), maar omdat het bovenop het grondoppervlak werd aangebracht en niet in de grond wordt gewerkt, is het precieze tijdstip van het immobiliseren moeilijk te schatten. MOTOR bleek de immobilisatie gedurende perioden 10 en 13 overschatten.

Simulaties en metingen van zowel de minerale N als de mineralisatie waren goed met elkaar in overeenstemming op perceel 21 (Figuur 34B en 35B). Ook in het tweede jaar (validatiejaar) was de overeenkomst goed. Er zit slechts een afwijkend punt in augustus 1997 (Figuur 34B). Kort hiervoor was drijfmest toegediend (Tabel 32). In de drijfmest is de hoeveelheid minerale N niet gemeten en misschien is er meer N gegeven dan is geschat in Tabel 32.

In de berekeningen was een lichte overschatting van de totale mineralisatie op het perceel gedurende de twee jaren. De berekeningen van de mineralisatie waren even goed of zelfs beter dan de berekeningen van N-mineraal. Op zich is dit ook niet zo gek want bij de buisjes waren drie verliesposten uitgeschakeld: uitspoeling, opname en (min of meer) denitrificatie. Dus bleef er alleen maar mineralisatie en immobilisatie over.



Figuur 34. Voorspelde en gemeten hoeveelheid N-mineraal (kg/ha) op perceel 1,2, 21 en 26.



Figuur 35. Voorspelde en gemeten N-mineralisatie op perceel 1,2, 21 en 26.

Hetzelfde was het geval voor perceel 26 (Figuur 34C en 35C). Hier werd de mineralisatie in de buizen beter gesimuleerd (Figuur 35C) dan de minerale stikstof in de grond (Figuur 34C). Een deel van de discrepantie zou nog veroorzaakt kunnen zijn door het gewas, want het gewasmodel is niet optimaal geschikt voor de simulatie van de groei van bollen.

Verder traden de grootste afwijkingen van het model ten opzichte van metingen op bij afbraak van gewasresten waarvan niet gemeten was hoeveel er achterbleef. Als er in werkelijkheid

minder resten achterblijven op het veld, of wanneer ze een lager N-gehalte hebben dan in het model aangenomen is, zal het model de N-mineralisatie overschatten.

3. Voorspelling van stikstofmineralisatie met model NDICEA

3.1 Inleiding

In het kader van het programma Geïntegreerde en Biologische Productiesystemen (GBP) is door het LBI meegewerkt aan het project 'Beheer van organische stof en mineralisatie van stikstof in geïntegreerde en biologische open teelten'. In het volgende wordt een overzicht gegeven over de analyse met het model NDICEA 3 op twee percelen van het biologische gedeelte van het proefbedrijf 'de Noord' te St. Maartensbrug (B1021 en B1026) en van een perceel van het 'Geïntegreerd experimenteel' gedeelte van het bedrijf (GEEX 1).

Parallel werden de analyses van het bedrijf ook uitgevoerd met het model 'MOTOR' van het AB-DLO te Wageningen. Bij de analyse werd gebruik gemaakt van gegevens aangeleverd door het LBO te Lisse, door het AB-DLO te Wageningen en van door het LBI verzamelde gegevens.

Het doel van de analyse is om een antwoord te krijgen op de vraag of het mogelijk is met NDICEA een beter inzicht te krijgen in de stikstofdynamiek van de drie bollenpercelen.

3.2 Materiaal en methoden

NDICEA staat voor Nitrogen Dynamics In Crop rotations in Ecological Agriculture. Het is ontwikkeld door de vakgroep Ecologische landbouw van de Landbouwniversiteit Wageningen (Habets & Oomen, 1993).

Het programma is een integratie van drie modellen:

1. Mineralisatie van organische stof in de bodem
2. Watertransport (en daarmee stikstoftransport) in de bodem
3. Gewasgroei (en daarmee water- en stikstofopname)

Ad. 1. Mineralisatie

Het model van de mineralisatie gaat uit van een uniforme afbraakcurve voor alle soorten organische stof. Waar op deze curve de afbraak begint hangt af van de aard van de organische stof en wordt gekarakteriseerd door de IAGE, initial age, die verwant is met de humificatie-coëfficiënt. De afbraaksnelheid hangt vooral af van de temperatuur en de vochttoestand. Of er bij de afbraak stikstof vrij komt hangt met name af van de C/N-verhouding. Negatieve mineralisatie (d.w.z. het tijdelijk vastleggen van stikstof) is mogelijk, bijvoorbeeld door stro onder te ploegen.

Ad. 2. Watertransport

De waterhuishouding hangt voor een groot deel af van de textuur. Deze is meestal wel bekend op de bedrijven en zou anders eenvoudig gemeten kunnen worden. Op basis van deze gegevens zijn in het model forfaitaire waarden opgenomen aangaande de waterhuishouding, voornamelijk gebaseerd op de pF-curve. Daarnaast kunnen parameters ingevoerd worden die de relatie leggen tussen de waterbeweging en de stikstofbeweging: niet altijd neemt stromend water een evenredig deel van de aanwezige minerale stikstof mee.

Ad. 3. Gewasgroei

Voor de opname van N door de gewassen zijn eenvoudige groeicurves in het model opgenomen. Deze bestaan uit drie trajecten:

- Van begin stikstofopname (een of meerdere weken na zaaien of poten) tot volle gewasgroei. De N-opname neemt lineair toe met de tijd, beïnvloed door de evapotranspiratie.
- Volle gewasgroei. N-opname evenredig met evapotranspiratie.
- Afdrijpingsfase. Bij een aantal gewassen neemt de N-opname de laatste weken van de groei tot de oogst af, bijvoorbeeld bij granen.

Om het model te kunnen laten werken moeten de volgende gegevens ingevoerd worden:

- Omgeving (environment): neerslag, temperatuur, evapotranspiratie. Het beste zijn de waarden van de lokatie zelf, en anders worden de gegevens van het dichtstbijzijnde meteostation gebruikt.
- Bodem: op basis van veldwaarneming (profielkuil) wordt een verdeling in twee lagen vastgesteld; bodemkundige gegevens moeten beschikbaar zijn (textuur) of ingeschat worden per laag. Voor de waterhuishouding is van belang de hoogte van het grondwater in zomer en winter.
- Gewassen: vier momenten van de groeicurve (aanvang N-opname, aanvang volle groei, aanvang rijping, oogst), gewasopbrengst, N-inhoud ervan. Zo mogelijk ook van gewasresten (stro, bladeren) en groenbemesters. Bij afwezigheid van informatie over de N-inhoud kunnen forfaitaire waarden gebruikt worden, maar dit komt de betrouwbaarheid niet ten goede.
- Bemesting: moment hoeveelheid, soort, N-inhoud. Forfaitaire waarden zijn in het model maar kunnen gewijzigd worden als meetgegevens beschikbaar zijn (organische-stofgehalte, N-gehalte).
- Bewerkingen: moment en aard van alle grondbewerkingen. De invoer hiervan vergt vrij veel tijd ten opzichte van andere factoren en de invloed ervan is relatief gering. Als de informatie over bewerkingen niet aanwezig is kan gebruik worden gemaakt van algemene patronen in grondbewerkingen.

3.2.1 Het stikstofmodel NDICEA

3.2.2 Basisgegevens

De analyse heeft betrekking op 1996 en 1997. Om de nawerking van meststoffen en groenbemesters uit 1995 ook bij de analyse te kunnen betrekken zijn de gegevens uit 1995 ook

ingevoerd. Er zijn dus drie jaren doorgerekend. Omdat er alleen in 1996 en 1997 metingen zijn verricht kan de beoordeling van het model alleen betrekking hebben op 1996 en 1997.

Bij de analyse is uitgegaan van nitraatmetingen in het 1:2 v/v extract, zoals uitgevoerd door het LBO.

Tevens werd gebruik gemaakt van de eigenschappen van de meststoffen zoals bepaald door het AB-DLO (zie hoofdstuk 1.3.1).

Op grond van dit onderzoek, waaruit bleek dat de eigen compost en de GFT-compost bij laboratoriumonderzoek geen of zeer weinig stikstof levert, is als initial age gekozen 24 jaar. Dit betekent dat het stikstofleverend vermogen laag is en vergelijkbaar met dat van de bodemorganische stof.

Ook over de strobedekking en het cellulosedek moest een inschatting gemaakt worden. Omdat uit periodieke visuele waarnemingen bleek dat het strodek zeer beperkt verteert in beide onderzoeksjaren is de invloed van het stro op de stikstofhuishouding verwaarloosd. Bij de oogst wordt het stro weer verwijderd.

Wat het cellulosedek betreft blijkt uit het AB-DLO-onderzoek dat dit potentieel veel stikstof kan binden. Deze gebonden stikstof zal in een latere fase weer vrijkomen. Onduidelijk is wanneer de cellulose de stikstof bindt. Na aanbrengen van de cellulose kan waarschijnlijk alleen in de bovenste paar cm sprake zijn van stikstofvastlegging. Een duidelijke stikstofvastlegging treedt mogelijk op bij de oogst van de bollen, wanneer de cellulose door de grond wordt gemengd. Gezien de onduidelijkheid rond het precieze proces en vanwege het feit dat uiteindelijk nettowinst of verlies aan stikstof beperkt van omvang zullen zijn is de invloed van de cellulose verwaarloosd.

Op de stikstofhuishouding kan ook de denitrificatie invloed hebben. In de gebruikte versie van NDICEA wordt denitrificatie niet meeberekend.

Door het AB-DLO is ook onderzoek gedaan naar het stikstofleverend vermogen van de grond zelf, dus inclusief die van organische mest en oogstresten. Deze metingen zijn niet gebruikt bij de analyse, maar wel bij de evaluatie van de juistheid van de analyse.

Overzicht eigenschappen organische stof

Een overzicht van de eigenschappen van de organische stof wordt gegeven in Tabel 32.

Tabel 32. Overzicht eigenschappen organische stof. Hoeveelheden in de laag 0-30 in kg/ha bij aanvang berekeningen op 1-1-1996.

	Bio 21	Bio 26	Geex 1
Oude org. stof (IAGE 24 jaar)	50.000	50.000	45.000
Jonge org. stof (IAGE 4 jaar)	6.000	6.000	2.000
Verse org (IAGE 1 jaar)	3.000	3.000	1.000

De totale hoeveelheid organische stof is afgeleid uit het organische-stofgehalte van de grond zoals dat is gemeten. De hoeveelheid verse organische stof is ingeschat. De hoeveelheid jonge organische stof volgt uit de analyse van de stikstofdynamiek.

Overzicht teelt van de gewassen

Een overzicht van de geteelde gewassen wordt gegeven in Tabel 33.

Tabel 33. Overzicht teelt van de gewassen (Gegevens LBO).

Week*	Gewas	Stikstofopname (kg N per ha)
Bio perceel 21		
1-9	braak	0
10-27	tulp	109
27-28	braak	0
28-35	bladramenas	53
36-59	braak	0
60-80	narcis	79
81-82	braak	0
83-87	gele mosterd	54
87-104	braak	0
Bio 26 perceel 26		
1-8	gras/klaver	2
9-19	braak	0
20-35	lelie	61
36-61	braak	0
62-90	gras/klaver	72
91-104	braak	0
GEEX 1		
1-14	braak	0
15-26	krokus	90
27-29	braak	0
30-60	gras/klaver	108
61-64	braak	0
65-94	lelie	23
95-104	braak	0

* week 1-52: 1996; week 53-104: 1997

Overzicht gebruikte meststoffen

Een overzicht van de gebruikte meststoffen wordt gegeven in Tabel 34.

Tabel 34. Overzicht gebruikte meststoffen.

Perceel	Week	Soort	Hoeveelheid (kg per ha)	Drogestof (%)	Stikstof in drogestof (%)	IAGE
Bio 21	12	vinasse	1.000	100	3,8	0,1
	31	rundveedrijfmest	10.000	9,5	4,6	1,95
	41	compost eigen	50.000	70	0,57	24
	50	bloedmeel	250	90	12	0,1
	82	rundveedrijfmest	10.000	9,5	4,63	1,95
	82	GFT	9.000	70	1,2	24
Bio 26	65	compost eigen	30.000	21,5	2,65	24
	70	vinasse	1.000	100	3,8	0,1
Geex 1	6	minerale N	500	100	10	0
	28	GFT	9.000	70	1,2	24
	29	minerale N	370	100	10	0
	62	compost, eigen	50.000	30	0,57	24
	67	minerale N	500	100	10	0
	73	minerale N	370	100	10	0
	81	minerale N	450	100	10	0

3.2.3 De werkwijze bij de berekeningen

Van de basisgegevens die nodig zijn om een analyse van de stikstofdynamiek uit te kunnen voeren is de meest onzekere het stikstofleverend vermogen van de organische stof in de grond zelf. De toegepaste werkwijze is de volgende: Bij de aanvang van de berekeningen (1-1-1995) werd via een trial and error methode een zodanige waarde voor het stikstofleverend vermogen van de organische stof van de grond gekozen dat metingen en berekeningen in het jaar 1996 zo dicht mogelijk bij elkaar liggen. Dit gebeurde door de hoeveelheid jonge organische stof (IAGE 4 jaar) aan te passen. Vervolgens werd voor 1997 gekeken of deze inschatting van de organische stof ook voor 1997 voldoet.

Bij deze werkwijze kan een fout optreden wanneer stro en cellulose wel stikstof binden en er ook sprake is van denitrificatie. De gemeten gehalten in de grond zijn dan lager dan ze zonder deze processen zouden zijn en het stikstofleverend vermogen van de grond wordt dan te laag ingeschat.

Een voordeel van de gekozen werkwijze is dat deze in principe ook in de praktijk van de landbouw te gebruiken is.

Alle berekeningen hebben betrekking op twee lagen: 0-30 cm en 30-50 cm.

3.3 Resultaten en bespreking

3.3.1 Algemeen

De berekeningen geven een zeer gedetailleerde analyse van de stikstofdynamiek. Alvorens hier nader op in te gaan is het van belang te evalueren of de berekeningen betrouwbaar zijn. Hier wordt in hoofdstuk 3.3.2. op ingegaan. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de bronnen van minerale stikstof, het verloop van het gehalte aan nitraat in de grond en de stikstofuitspoeling. Tenslotte worden de berekeningen van NDICEA vergeleken met de metingen in het veld van mineralisatie in PVC-buizen.

3.3.2 De nauwkeurigheid van de berekeningen

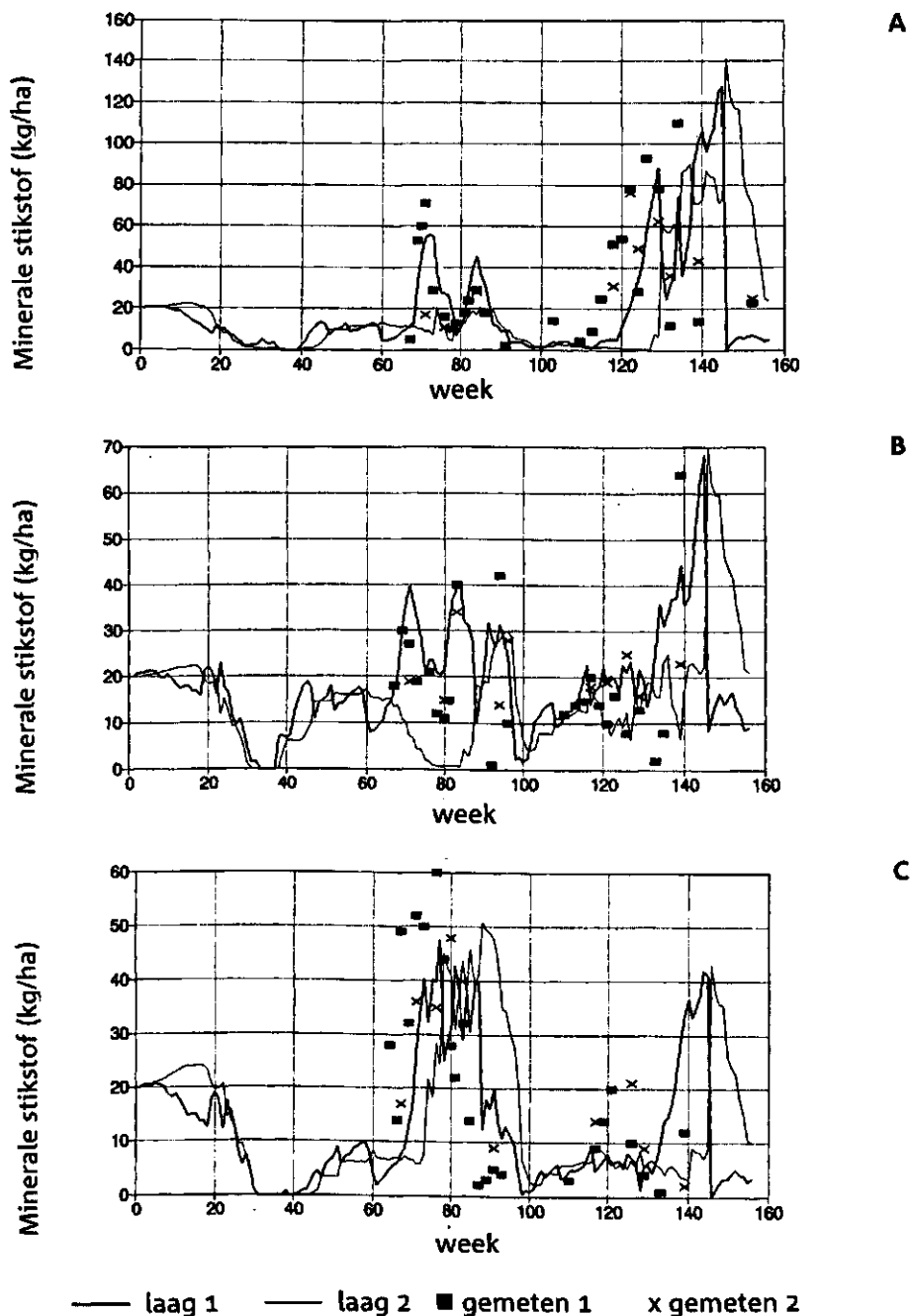
In Figuur 37 zijn de resultaten van de berekeningen aangegeven en tevens de metingen van het nitraatgehalte. De nauwkeurigheid van de berekening wordt bepaald door het verschil tussen berekening en meting.

In Tabel 35 is een overzicht gegeven over deze verschillen.

Tabel 35. Verschil tussen berekende en gemeten nitraatgehalten in de bodem.

Perceel	Frequentie van het voorkomen van verschillen tussen meting en berekening in kg N per ha in de laag 0-30 cm in 1996 en 1997			
	0-20	20-40	40-60	60-80
Bio 21	16	6	2	0
Bio 26	18	3	1	0
Geex 1	18	4	2	1

Op grond van de vergelijkingen in Tabel 35 wordt geconcludeerd dat de overeenkomsten tussen meting en berekening zodanig zijn dat van een redelijke weergave van de werkelijke processen sprake is. Wel moet hierbij opgemerkt worden dat voor 1996 metingen en berekeningen zo goed mogelijk overeenkomstig zijn gemaakt door het stikstofleverend vermogen van de grond zelf aan te passen. Het verschil tussen meting en berekening wordt in 1997 groter dan in 1996, maar blijft acceptabel.

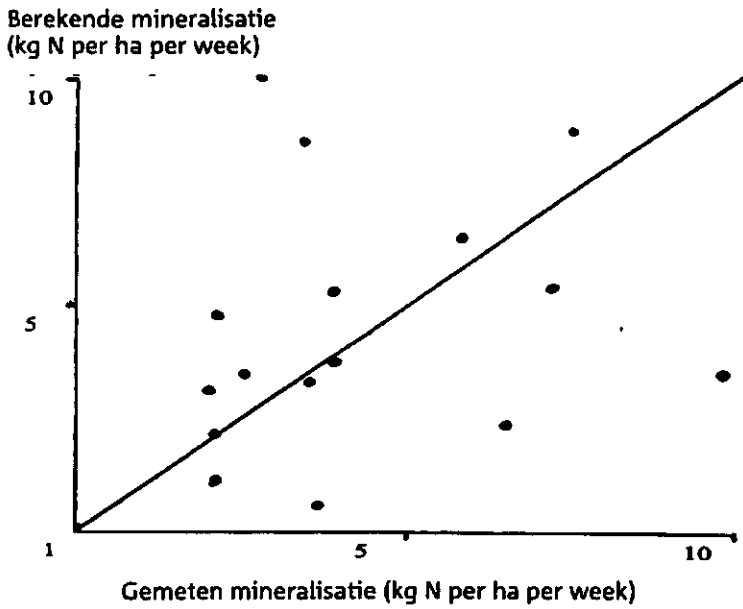


Figuur 37. Gemeten en berekende stikstofhoeveelheden op perceel 1,2 (A), perceel 21 (B) en perceel 26 (C).

Een tweede test is de vergelijking tussen de periodieke metingen van de stikstofvrijmaking in het veld middels PVC-buizen en de inschatting die NDICEA van de stikstofmineralisatie in dezelfde periode maakt. Deze vergelijking is weergegeven in Tabel 36 en Figuur 38. In Figuur 38 is de vergelijking voor drie percelen uitgezet.

Bij de vergelijking valt op dat er soms grote verschillen zijn tussen metingen en berekeningen. Vergelijking geeft bijv. een R^2 van 0,22. Deze verschillen kunnen een aantal oorzaken hebben. NDICEA rekent met het werkelijke vochtgehalte; bij de buizen wordt het vochtgehalte bij het inbrengen van de buizen min of meer vastgelegd.

Verder zijn de perioden die vergeleken worden niet geheel overeenkomstig. Ook worden meststoffen die in een bepaalde periode gegeven worden bij de (afgedekte) buizen niet en bij NDICEA wel meegenomen. Deze beide laatste bronnen van verschillen zijn te voorkomen door meer gedetailleerd te rekenen.



Figuur 38. Vergelijking gemeten en berekende stikstofmineralisatie.

Tabel 36. Vergelijking gemeten en berekende stikstofmineralisatie.

Week	Gewas	Mineralisatie in kg N per week	
		berekend	gemeten
Bio 21			
1-9	braak		
10-27	tulp	5,4	7,2
27-28	braak	9	7,2
28-35	bladr. + inund		
36-59	braak	3,2	2,0
60-80	narcis	4,8	2,1
81-82	braak	3,5	2,5
83-87	gele mosterd	10,4	2,5
87-104	braak	3,8	3,9
Bio 26			
1-8	gras/klaver		
9-19	braak	2,3	6,5
20-35	lelie	6,5	5,8
36-61	braak	1,1	2,1
62-90	gras/klaver	3,3	3,5
91-104	braak	0,6	3,7
Geex 1			
1-14	braak		
15-26	krokus	5,3	3,9
27-29	braak	8,7	3,4
30-60	gras/klaver	2,2	2,1
61-64	braak	0,2	0
65-94	lelie	8,6	6,0
95-104	braak	0,8	2,5

3.3.3 Bronnen van stikstof

In Tabel 37 is een overzicht gegeven van bronnen van stikstof op de drie onderzochte percelen.

Tabel 37. Stikstofbronnen, kg stikstof per ha per periode (1996: week 1-52; 1997: week 53-104).

Week	Gewas	Org. stof	Gewasresten	Meststoffen
Bio 21				
1-9	braak	13,5	-2	6
10-27	tulp	44	6	59
27-28	braak	7	1	5
28-35	bladramenas	33	1	25
36-59	braak	30	23	-10
60-80	narcis	41	28	-40
81-82	braak	9	1	-3
83-87	gele mosterd	28	7	9
87-104	braak	25	0	26
Totaal	230	65	77	
Bio 26				
1-8	gras/klaver	9	-3	4
9-19	braak	9	16	25
20-35	lelie	49	15	40
36-61	braak	22	0	6
62-90	gras/klaver	58	26	11
91-104	braak	11	-4	2
Totaal	158	50	88	
Geex 1				
1-14	braak	7	8	12
15-26	krokus	13	14	21
27-29	braak	7	3	16
30-60	gras/klaver	25	17	23
61-64	braak	2	2	-3
65-94	lelie	42	151	64
95-104	braak	3	6	-1
Totaal	99	201	132	

Bij vergelijking van de van de verschillende bronnen valt op dat bij de biologische percelen de organische stof van de grond zelf de belangrijkste stikstofbron is en bij geïntegreerd gewasresten en meststoffen. De rol van gewasresten bij geïntegreerd wordt vooral bepaald door een vrij zware grasgroenbemester.

3.3.4 Uitspoeling van stikstof

Tabel 38 geeft voor de verschillende perioden de berekende uitspoeling van stikstof. Het betreft de uitspoeling naar de laag onder de 50 cm diepte. Of deze stikstof ook in het oppervlaktewater komt hangt af van het denitrificerend vermogen van de ondergrond.

Tabel 38. Berekende stikstofuitspoeling.

Week	Gewas	Berekende uitspoeling naar laag dieper dan 50 cm, kg N per ha
Bio 21		
1-9	braak	11
10-27	tulp	1
27-28	braak	0
28-35	bladr. + inund	
36-59	braak	96
60-80	narcis	17
81-82	braak	4
83-87	gele mosterd	2
87-104	braak	105
Bio 26		
1-8	gras/klaver	6
9-19	braak	1
20-35	lelie	31
36-61	braak	96
62-90	gras/klaver	10
91-104	braak	53
Geex 1		
1-14	braak	9
15-26	krokus	1
27-29	braak	4
30-60	gras/klaver	19
61-64	braak	0
65-94	lelie	134
95-104	braak	119

De drie percelen geven steeds een vergelijkbaar beeld te zien. In voorjaar en zomer is de uitspoeling beperkt. De 'lelie geïntegreerd' 1996 is hier wel een uitzondering op. In de herfst treedt op alle drie de onderzochte percelen de grootste uitspoeling op. De bollen zijn dan geplant maar nemen geen stikstof op. De mineralisatie gaat door en vrijwel alles wat vrijkomt zal uitspoelen. Het beperken van deze uitspoeling is hiermee een zeer lastig probleem. Een stikstofmodel dat de processen in voldoende mate beschrijft is evenwel een belangrijk hulpmiddel om alternatieven te evalueren. Het valt niet binnen het doel van dit verslag hier nu verder op in te gaan. Verwezen wordt naar het sectorgerichte rapport.

3.4 Conclusies

Het doel van het onderzoek was na te gaan of het mogelijk is met analyses aan organische mest, groenbemesters en gewasresten in combinatie met modellering met NDICEA tot een goede beschrijving van de stikfodynamiek op drie percelen van het proefbedrijf voor de bollenteelt 'de Noord' in St. Maartensbrug te komen.

Wanneer voor het eerste van de twee onderzoeksjaren in het model de stikstoflevering van de organische stof zo wordt ingesteld dat berekening van de nitraatgehalten in het profiel zo goed mogelijk overeenkomt met de metingen dan blijkt zonder wijzigingen van de instellingen het model het verloop van de nitraatgehalten in het tweede onderzoeksjaar goed te voorspellen.

Bij vergelijking van het stikstofleverend vermogen zoals het model dat berekent met de metingen in PVC-buizen zoals uitgevoerd door het AB-DLO is er geen bevredigende correlatie te vinden. De oorzaak kan liggen in afwijkende vochtgehalten in het veld in vergelijking met die in de PVC-buizen in dezelfde periode.

Ook kan de oorzaak liggen in het feit dat de vergelijking in deze conceptversie nog niet in detail is uitgevoerd (een bemesting uitgevoerd wanneer de PVC-buizen op het veld staan komt bijv. niet in de buizen, maar NDICEA rekent er wel mee, ook vallen de periodes waarin de buizen op het veld stonden niet samen met de periodes waarmee NDICEA in eerste instantie rekent). De meer gedetailleerde berekening zal nog worden uitgevoerd.

Gezien de eerste conclusie (voorspelling van de nitraatgehalten) moet NDICEA als een potentieel waardevol instrument gezien worden om de stikstofbemesting en de humusopbouw in de bollenteelt te optimaliseren.

4. Synthese

4.1 Mineralisatiemetingen

4.1.1 Mineralisatie van organische producten

Uit de resultaten blijkt dat de beste manier om de mineralisatie van organische producten te karakteriseren, het gehalte aan oplosbaar N was. Daarna volgden de C/N-verhouding en het totaal N-gehalte.

4.1.2 Mineralisatie *in-situ* en potentiële mineralisatie in relatie tot bodemeigenschappen

Het doel van het onderzoek was om vast te stellen of er een manier was om op een eenvoudige wijze de mineralisatie vanuit de bodem-organische stof te bepalen.

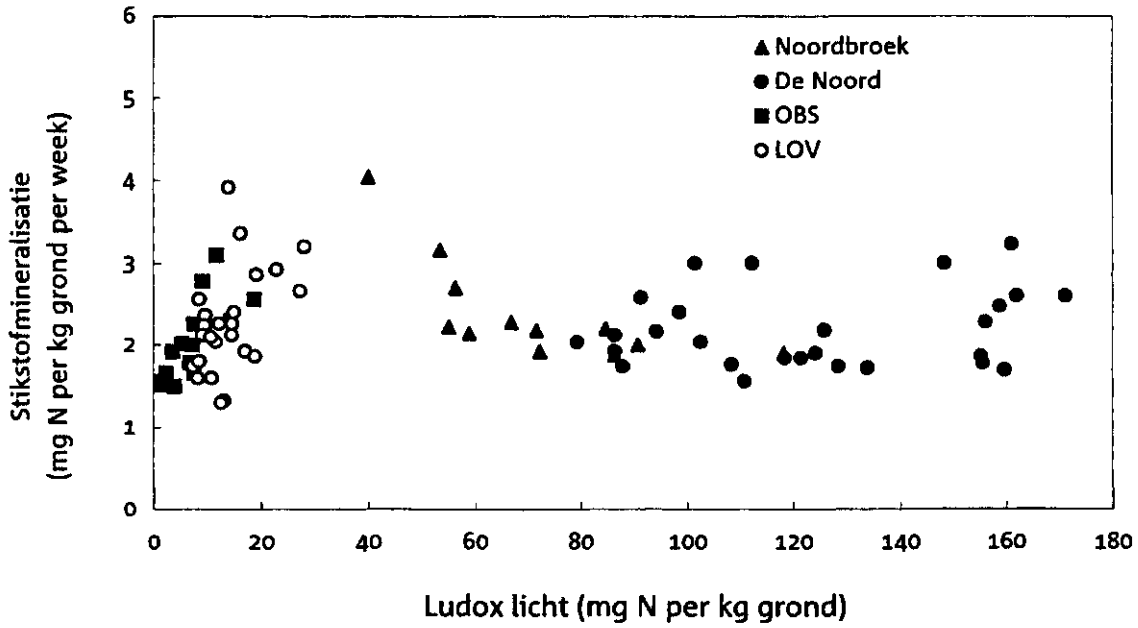
Naast het meten van de mineralisatie onder standaard condities (in dit geval de potentiële mineralisatie) werd daartoe ook de *in-situ* mineralisatie gemeten. Onderzocht werd of er een correlatie bestond met fracties van organische stof die door middel van een dichtheids-fractionering (met behulp van Ludox) uit de bodem werden geïsoleerd.

De *in-situ* mineralisatiemetingen werden gekenmerkt door een grote variatie. Deze was afhankelijk van de tijd, wat logisch is omdat de mineralisatie sterk afhankelijk is van weersomstandigheden en het toevoegen van vers organisch materiaal. Daarnaast bleek er ook binnen een perceel en zelfs binnen een subplot van een perceel een zeer grote variatie voor te komen.

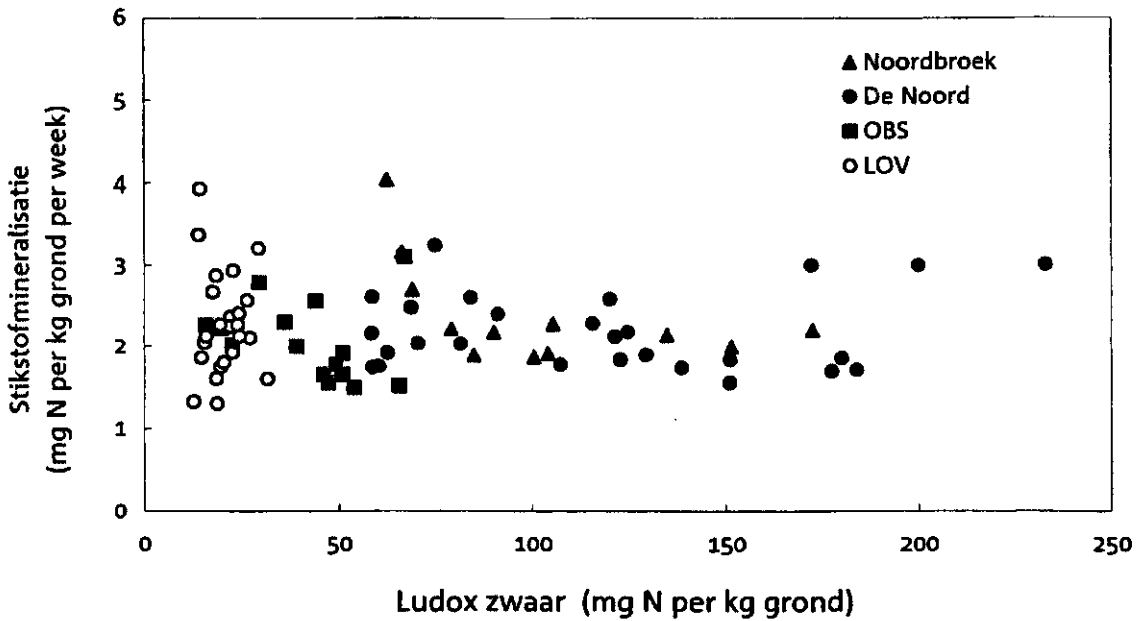
Deels is deze verklaarbaar doordat er uiteraard ook in werkelijkheid variatie zal voorkomen. Voor een ander deel kan de verklaring gezocht worden in de bepalingmethode: door bijvoorbeeld het samendrukken van de grond in de buizen is de kans op denitrificatie groter. Maar voor een groot deel is de variatie niet verklaarbaar. Dat maakt het gebruik van *in-situ* mineralisatie als toetsparameter erg onzeker.

Bovendien, en daar was niet goed genoeg over nagedacht van tevoren: welke *in-situ* mineralisatie wordt gekozen? Van het voorjaar, van het najaar of misschien een gemiddelde?

Een van de doelstellingen van dit onderzoek was om te bepalen of de hoeveelheid stikstof in de organische-stofffracties een grondsoortonafhankelijke parameter was, waarmee de mineralisatie vanuit de bodem voorspeld kon worden. De resultaten per bedrijf zijn eerder in dit rapport besproken en daaruit bleek dat op de akkerbouwbedrijven Lovinkhoeve en OBS er een goede relatie bestond tussen de hoeveelheid N in de lichte en zware Ludox-fracties en de N-mineralisatie. Bij de overige bedrijven bestond een dergelijke relatie niet.



Figuur 39. Relatie tussen de hoeveelheid N in de lichte Ludox-fractie en de stikstofmineralisatie voor alle percelen tezamen.



Figuur 40. Relatie tussen de hoeveelheid N in de zware Ludox-fractie en de stikstofmineralisatie voor alle percelen tezamen.

De OBS en de Lovinkhoeve liggen beide op zavelgrond, het proefbedrijf De Noord ligt op zandgrond en de proeftuin Noordbroek op dalgrond.

In Figuur 39 en 40 zijn de resultaten van alle bedrijven samengevoegd. Dan blijkt dat er over de gehele range aan organische-stofgehaltenes (uitgedrukt in N in de lichte en zware Ludox-fracties) geen verband bestaat met de stikstofmineralisatie.

Het lijkt daarom dan ook voorlopig aantrekkelijker om de potentiële N-mineralisatie als maat voor de levering van stikstof uit de bodem te beschouwen. Verwacht mag worden dat hierin wel enige variatie zal voorkomen als gevolg van (recente) toediening van organisch materiaal aan de bodem. Door het kiezen van een goed tijdstip van meten (zo lang mogelijk na het laatste tijdstip van organische-stoftoevoer) kan dit probleem waarschijnlijk worden opgelost.

4.2 De vergelijking van NDICEA en MOTOR

Om een vergelijking tussen NDICEA en MOTOR te maken zijn de resultaten van beide modellen voor het proefbedrijf De Noord, samen met de gemeten N-mineraal-waarden, weergegeven in Figuur 41. Niet alleen de door AB-DLO gemeten N-min-waarden zijn weergegeven, maar ook de metingen door het LBO (Nitracheck).

Er bestaan nogal aanzienlijke verschillen per perceel; daarom worden de resultaten per perceel besproken.

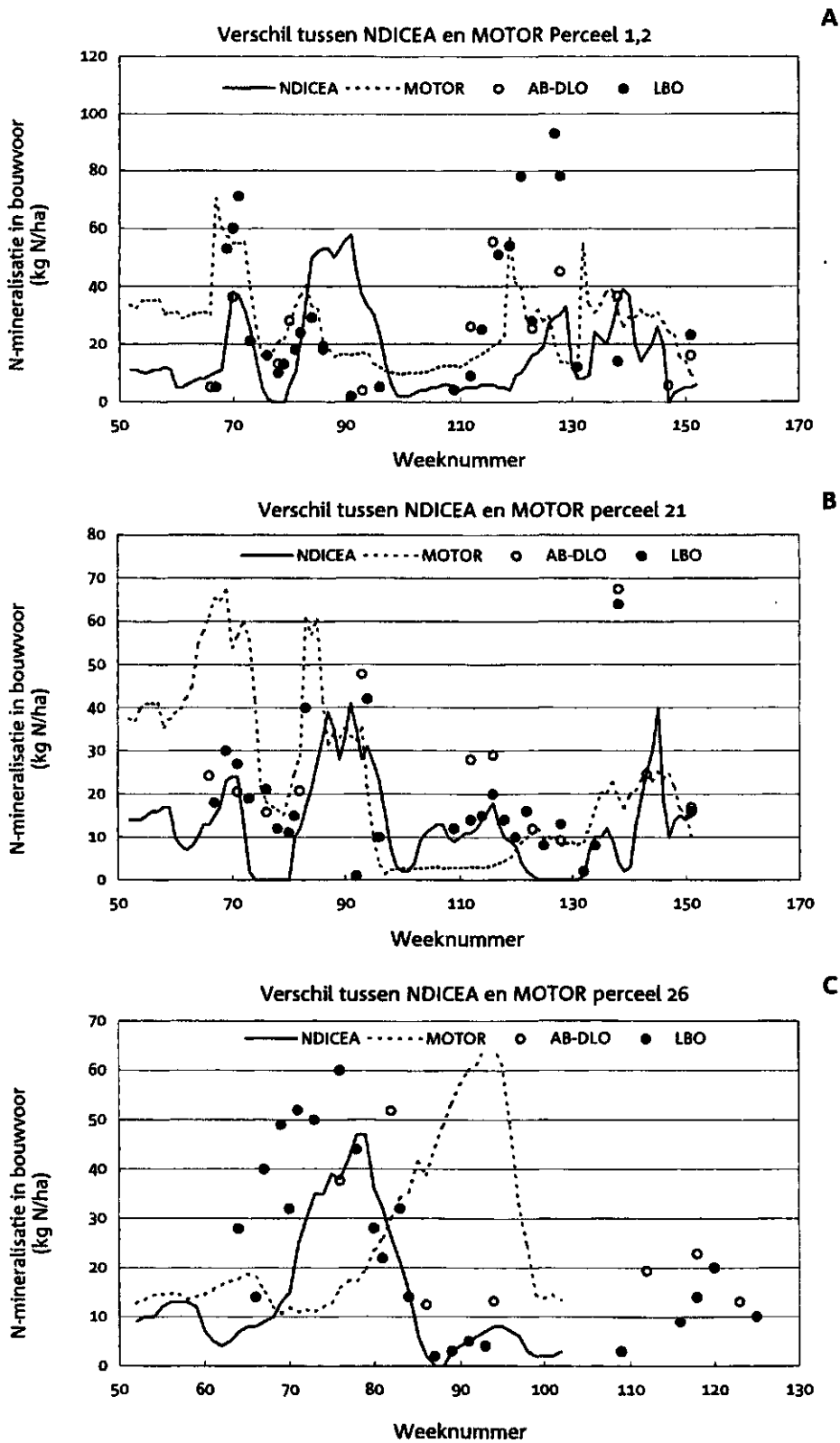
a. Perceel 1,2

De resultaten van NDICEA en MOTOR kwamen redelijk met elkaar overeen (Figuur 41A), tenminste wanneer naar het algemene patroon wordt gekeken. Ook t.o.v. de gemeten waarden loopt het berekende patroon aardig parallel. In absolute zin liep het verschil tussen de modellen op sommige momenten vrij sterk op (rond week 90 en rond week 120). Ook het verschil t.o.v. de metingen was soms vrij groot. Globaal bekeken, leek het alsof MOTOR een iets betere voorspellende waarde had dan NDICEA. De toename als gevolg van de 45 kg N met KAS in week 66 werd door beide modellen redelijk goed voorspeld. Hetzelfde gold voor de stijging als gevolg van het rooien en grondbewerken en de toediening van compost na week 78. Het onderwerken van de gras-klaver rond week 115 werd door MOTOR iets beter voorspeld dan door NDICEA.

Er bestonden dus weliswaar verschillen tussen de modellen, maar wanneer men naar de meetresultaten van AB-DLO en die van LBO kijkt, blijkt dat ook daartussen vrij grote verschillen voorkwamen, zeker rond week 130. In absolute zin waren die zelfs groter dan de verschillen tussen de modellen.

b. Perceel 21

De resultaten tussen beide modellen kwamen opnieuw redelijk met elkaar en met de metingen overeen en nu ook in absolute zin (Figuur 41B), behalve gedurende eerste 20 weken, waar NDICEA een betere voorspelling had dan MOTOR. De metingen van AB-DLO en LBO kwamen op perceel 21 redelijk goed met elkaar overeen. De gemeten piekwaarde rond week 140 werd door beide modellen niet voorspeld. Deze piekwaarde ontstond na het ploegen in week 136 en zou veroorzaakt kunnen zijn door het naar boven halen van stikstof uit diepere lagen.



Figuur 41. Vergelijking van de hoeveelheid N-mineraal in de bouwvoor van de percelen 1,2 (A), 21 (B) en 26 (C) op het proefbedrijf De Noord. Getrokken lijn: NDICEA-berekeningen, stippellijn: MOTOR-berekeningen; open cirkels: N-min-bepaling AB-DLO; gesloten cirkels: nitraat-metingen LBO.

c. Perceel 26

Op perceel 26 liepen de resultaten van beide modellen vrij ver uiteen, zowel voor wat betreft het patroon als in absolute zin (Figuur 41C). De voorspelling van NDICEA was beter dan die van MOTOR; zeker na week 75. Daarvoor was de voorspelling van NDICEA t.o.v. de AB-DLO-metingen ook niet best, maar t.o.v. de LBO-metingen was de voorspelling redelijk goed. Het effect van het onderploegen van de klaver en het toedienen van compost in week 63 werd dus niet goed voorspeld. Het is niet bekend waardoor MOTOR zo'n sterke stijging in N-min voorspelde na week 75. Gedurende deze periode groeide het gewas, werd er weliswaar een aantal keren beregend, maar is een daling van de N-min eerder waarschijnlijk dan een stijging.

4.3 Conclusie

Er waren weliswaar verschillen tussen MOTOR en NDICEA en tussen de modelberekeningen en de metingen, maar er waren ook verschillen tussen de metingen zelf.

Over het algemeen waren de verschillen tussen de modellen vrij klein; soms voorspelde MOTOR wat beter, andere keren was NDICEA succesvoller. Zoals de resultaten nu zijn, is het nog te vroeg om de modellen te gebruiken als instrument om teelthandelingen als bemesting mee te sturen. Dat komt waarschijnlijk omdat bepaalde onderdelen in beide modellen nog niet goed zijn ontwikkeld.

Van beide modellen is het onderdeel waarin de mineralisatie wordt berekend goed ontwikkeld. In NDICEA is de opname van stikstof door de bollen opgelegd. In MOTOR wordt deze berekend, maar op een vrij eenvoudige wijze. De berekening van de uitspoeling is in beide modellen vrij eenvoudig.

Het is vrij waarschijnlijk dat verbetering van de berekening of vaststelling van de N-opname en N-uitspoeling ertoe zal leiden dat ook de voorspelling van N-min in de bodem zal verbeteren. Voor MOTOR komt dat neer op het koppelen van MOTOR aan goed ontwikkelde modellen zoals FUSSIM voor watertransport en LINTUL of SUCROS voor gewasopname. Voor NDICEA komt dat neer op de uitbreiding van het model met eveneens daarvoor geschikte modules.

5. Literatuur

- Addiscott, T.M. & Whitmore, A.P., 1987.
Computer simulation of changes in soil mineral nitrogen and crop nitrogen during autumn, winter and spring. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 109: 141-157.
- Bradbury, N.J., Whitmore, A.P., Hart, P.B.S. & Jenkinson, D.S., 1993.
Modelling the fate of nitrogen in crop and soils in the years following application of ¹⁵N-labelled fertilizer to winter wheat. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 121: 363-379.
- Giller, K.E. & Day, J.M., 1985.
Nitrogen fixation in the rhizosphere: significance in natural and agricultural systems. *Ecological interactions in soil: plants, microbes and animals*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, pp. 127-147.
- Goering, H.K. & Van Soest, P.J., 1970.
Forage fiber analysis. USDA, ARS Agricultural Handbook no. 379.
- Habets, A.S.J. & Oomen, G.J.M., 1993.
Modellering van de stikstofdynamiek van gewasrotaties in de biologische landbouw. Vakgroep Ecologische Landbouw, Landbouwniversiteit Wageningen.
- Hassink, J., 1995.
Organic matter dynamics and N mineralization in grassland soils. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.
- Hassink, J. & Whitmore, A.P., 1997.
A model of the physical protection of organic matter in soil. *Soil Science Society of America Journal* 61: 131-139.
- Fertilizer Research
- Otter-Nacke, S. & Kuhlmann, H., 1991.
A comparison of the performance of N simulation models in the prediction of Nmin on farmers' fields in the spring. *Fertilizer Research* 27: 341-347.
- Raison, R.J., Connell, M.J. & Khanna, P.K., 1987.
Methodology for studying fluxes of soil mineral-N *in-situ*. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 521-530.
- Verberne, E.J.L., Hassink, J., de Willigen, P., Groot, J.J.R. & van Veen, J.A., 1990.
Modelling organic matter in different soils. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 38: 221-228.
- Whitmore, A.P., 1991.
A method for assessing the goodness of computer simulation of soil processes. *Journal of Soil Science* 42: 289-299.
- Whitmore, A.P., 1995.
Modelling the mineralization and immobilization, leaching and crop uptake of nitrogen during three consecutive years. *Ecological modelling* 81: 233-241.
- Whitmore, A.P., 1996a.
Modelling the release and loss of nitrogen after the incorporation of vegetable crop residues. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44: 73-86.
- Whitmore, A.P., 1996b.
Alternative kinetic laws to describe the turnover of the microbial biomass. *Plant and Soil* 181: 169-173.

Whitmore, A.P. & Addiscott, T.M., 1987.

A function for describing nitrogen uptake, dry matter production and rooting by wheat crops. *Plant and Soil* 101: 51-60.

Whitmore, A.P. & Groot, J.J.R., 1994.

The mineralization of N from finely or coarsely cropped residues: measurements and modelling. *European Journal of Agronomy* 3: 103-109.

Whitmore, A.P. & Matus, F.J., 1996.

The decomposition of wheat and clover residues in soil: measurements and modelling. In; Van Cleemput et al., eds, *Progress in Nitrogen Studies*. Kluwer Academic Publishers, pp. 465-469.

Whitmore, A.P. & Schröder, J.J., 1996.

Modelling the change in soil organic C and N in response to applications of slurry manure. *Plant and Soil* 184: 185-194.

Bijlage I

Samenstelling geteste organische producten

Samenstelling geteste producten

No of N1 achter bladkool en rogge geeft aan dat het gewas geen (No) of wel (N1) met stikstof was bemest.

Negatieve hemicellulosegehaltenes komen voort uit de wijze van bepalen, ze moeten gelezen worden als 0.

Materiaal	% drogestof	N oplosbaar g/kg	C-oplosbaar g/kg	C-totaal %	N-totaal %	C/N	Cellulose %	Hemicellulose %	Lignine %
Bloedmeel	92,5	4,0	16,3	41,4	12,0	3,5	3,1	50,8	1,6
Drijfmest	9,1	35,0	111,5						
Gele mosterd	9,4	24,0	32,9	30,1	18,8	1,6	24,6	-2,2	2,3
Bladkool N1-wortel	19,2	19,6	32,8	37,4	3,5	10,7	45,7	13,1	2,2
Gras/klover	37,3	17,7	56,2	39,9	3,8	10,4	21,6	18,1	7,8
Rogge N2 blad	17,4	24,5	142,6	37,4	2,5	15,1	20,5	29,1	2,7
Bladkool N1.blad	47,2	32,2	137,3	37,0	3,9	9,5	26,1	8,2	2,9
Vinasse	9,9	41,7	191,7	23,9	6,6	3,6	0,0	3,9	0,0
Bladkool N1.stengel	30,2	16,9	77,5	37,1	3,5	10,7	39,2	8,9	7,0
Rogge N1 blad	17,1	23,0	100,8	36,3	1,8	20,6	21,9	27,5	3,1
Gras/klover blad	54,0	5,9	7,3	31,1	3,1	10,1	18,3	18,0	8,0
Gras/klover blad-97	25,5	4,5	6,0	27,7	2,5	10,9	17,8	7,8	4,9
Rogge Noblad	19,3	18,6	61,6	36,2	2,4	15,1	19,9	31,0	3,3
Rogge N1 wortel	21,4	8,6	14,2	18,6	2,2	8,4	16,8	20,7	2,1
Rogge N2 wortel	21,3	8,3	9,7	19,2	1,2	15,5	11,8	14,8	3,0
Potstalmest	22,9	1,7	0,0	26,5	2,2	12,1	13,9	-1,9	20,5
Gras/klover wortel	16,8	10,5	4,0	33,8	2,3	14,5	25,0	17,1	14,1
Rogge No wortel	20,8	7,5	5,6	21,1	2,0	10,7	13,4	21,2	6,9
Compost	68,2	0,5	0,4	10,2	0,6	18,4	3,3	-1,4	4,9
Eigen compost LBO 25/11/97	73,6	0,3	0,0	18,1	1,3	14,3	2,2	-2,0	3,0
GFT LBO 10-5-1996	76,3	1,0	2,2	10,1	0,9	11,1	6,0	-4,9	13,5
GI-compost LBO 1997	54,0	0,3	0,4	8,7	1,2	7,0	3,1	-6,3	6,5
Bio-compost-97	58,4	0,2	0,0	13,5	0,4	33,6	2,8	-0,3	5,5
Eigen compost LBO 7-10-1996	85,4	0,1	0,1	29,4	0,2	163,1	22,2	1,0	5,0
papiercellulose 1997	4,4	0,1	0,2	43,3	0,9	48,6	41,8	-8,2	8,3
Veenproduct LBO	31,7	0,0	0,0	35,2	0,7	47,0	41,6	-5,7	40,5
Stro LBO 97	85,7	0,7	2,6	36,5	0,8	46,8	35,7	23,1	9,0
Oud stro LBO 18-11-1996	88,8	0,4	1,8	35,8	0,6	62,8	41,7	20,1	10,0
Oud stro LBO 10-5-1996	70,8	0,3	2,5	23,2	0,2	100,7	22,3	29,3	9,1
Papiercellulose 1996	7,3	0,0	17,3					7,4	5,2

Bijlage II

Benodigde gegevens voor het Whitmore simulatiemodel (AB-DLO)

Weersgegevens:

dagelijks neerslag
bodem- (lucht-) temperatuur
verdamping

In plaats van verdamping:

maximum en minimum luchttemperatuur
windsnelheid
luchtvochtgehalte
straling (of zonne-uren)

Landbouwkundige gegevens:

zaai- (uitplant-) en oogstdata
grondbewerking
(organische) mest-toediening
lijst van alle gewassen, winter/zomer, groenbemesters (inclusief zaai- en oogstdata).

Samenstelling van alle mest:

C:N
mineralengehalte van dierlijke mest

Soort en hoeveelheid eventuele minerale meststof:

(vezelgehalte, d.w.z. lignine, cellulose, hemicellulose van resten, dierlijke mest en compostering, indien bekend)

Opname/onttrekking van stikstof door gewas(sen)

Lot van gewas(resten):

bewerkt, afgevoerd, etc.
hoeveelheid resten en stikstofgehalte of schatting

Hoeveelheid grond afgevoerd met bijvoorbeeld (roos)stammen

Grondsoort

hoeveelheid klei/zanddeeltjes
pH
hoeveelheid organisch C (stof) en organisch N
volumegewicht grond
textuur (pF curve als deze bekend is)

Metingen van minerale N binnen of buiten buisjes

diepte van de metingen