XCLNCE

Een spreadsheet voor het berekenen van stikstof en koolstof in de bodem

K.B. Zwart

Alterra-rapport 427

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2001

REFERAAT

Zwart, K.B. 2001. *XCLNCE, een spreadsheet voor het berekenen van stikstof en koolstof in de bodem*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 427. 40 blz; 4 fig.; 19 tab.; .9 ref.

XCLNCE is een Excel spreadsheet voor het berekenen van de koolstof en stikstofvoorraad in de bodem. XCLNCE is speciaal ontwikkeld voor de biolologische landbouw, maar kan ook voor andere teeltsystemen worden gebruikt. XCLNCE is gebaseerd op eenvoudige rekenregels en in dit rapport wordt de structuur van de spreadsheet plus enkele resultaten beschreven

Trefwoorden: Biologische landbouw, bodem, koolstof, stikstof

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 13,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 427. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2001 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

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

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

Projectnummer 11289 [Alterra-rapport 427/IS/01-2002]

Inhoud

Woord vooraf 5

Samenvatting 7

1 Inleiding 9

2 N-Schatters 11

3 XCLNCE 13
3.1 Aanpassingen ten opzichte van de IKC rekenregels 13
3.2 Principe van de IKC rekenregels 13
3.2.1 Werkingsfactor 13
3.2.2 Maand van toedienen 13
3.2.3 Fractie N-mineraal 13
3.2.4 Fractie N-organisch 14
3.3 EXCEL spreadsheet 14
3.3.1 Input en berekeningen mogelijk maken op dagbasis 15
3.3.2 Berekenen van de gewasopname 15
3.3.3 Overige aanpassingen 16
3.3.3.1 Gewasresten 16
3.3.3.2 Mineralisatieconstanten 16
3.3.3.3 Fracties 17
3.3.3.4 Microbiële biomassa en immobilisatie 17
3.4 Bespreking van de werkbladen van XCLNCE 18
3.4.1 Werkblad invoer 18
3.4.1.1 bodemgegevens 18
3.4.1.2 Bemesting 19
3.4.1.3 Gewas 19
3.4.1.4 Meetwaarden 20
3.4.2 Werkblad Tabellen 20
3.4.2.1 Ammoniakvervluchtiging 20
3.4.2.2 Grondsoort 21
3.4.2.3 Uitspoeling, denitrificatie en temperatuur 21
3.4.2.4 Temperatuur 22
3.4.2.5 Gewassen 23
3.4.2.6 Meststoffen 24
3.4.3 Werkblad Berekeningen 24
3.4.3.1 Blok 1 Management 25
3.4.3.2 Blok 2, Stikstof uit bemesting 25
3.4.3.3 Blok 3, Uitspoeling, denitrificatie en N-mineraal 26
3.4.3.4 Blok 4 Gewasopname 27
3.4.3.5 Blok 5 Organische stof, koolstof en immobilisatie 28
3.4.3.6 Blok 6 Gemeten N-mineraal 29
3.4.3.7 Blok 7 Organische stof uit de bodem 29
3.4.4 Werkblad Regressie 30

4 Resultaat 31
4.1 De Noord, perceel 15 31
5 Conclusies 35
Referenties 37

Woord vooraf

In allerlei teeltsystemen bestaat de noodzaak om de beschikbaarheid van nutrienten af te stemmen op de gewasbehoefte. Gelijktijdig moet worden voorkomen dat het milieu wordt belast met een teveel aan nutrienten. Dit geldt in hoge mate voor teeltsystemen die veel gebruik maken van organische mest, omdat daar de onzekerheid omtrent het beschikbaar komen van voedingsstoffen nog veel groter is dan bij het gebruik van kunstmest.

Naast de reguliere adviezen door voorlichters is de afgelopen jaren een aantal geavanceerde computersystemen ontwikkeld die telers kunnen ondersteunen bij het nemen van beslissingen op bemestingsgebied. Men kan zich echter afvragen of deze geavanceerde technieken een beter resultaat opleveren dan de adviezen die op meer eenvoudige leest zijn geschoeid. Er is vaak veel informatie noodzakelijk om simulatiemodellen te laten rekenen, hoe gedetailleerder een model, hoe gedetailleerder de benodigde informatie.

Binnen het DWK-onderzoeksprogramma Biologische en ecologische teeltsystemen (DLO 342) wordt deze vraag beantwoord voor biologische open teelten. Daarbij worden de uitkomsten van twee dynamische computermodellen vergeleken met die van meer eenvoudige rekenregels, die door het IKC zijn opgesteld. Voor een juiste vergelijking bleek het noodzakelijk te zijn de IKC regels aan te passen en om te zetten in een spreadsheet. Dit rapport beschrijft de opzet van de spreadsheet en het resultaat ervan voor een bloembollenperceel. De spreadsheet is in principe inzetbaar voor alle open teelten.

Samenvatting

Er is een EXCEL spreadsheet opgesteld met vier werkbladen waarmee berekend kan worden hoeveel stikstof en koolstof er in de bouwvoor van open teeltsystemen zit, op elk moment van het jaar. De spreadsheet is gebaseerd op de IKC rekenregels voor organische bemesting (Beijer & Westhoek, 1996). De vier werkbladen bevatten respectievelijk de tabellen voor de invoer van gegevens (Invoer); tabellen met bodem-, meststof-, gewas- en klimaatgegevens (Tabellen), de werkelijke berekeningen (Berekening) en de output in de vorm van een lineaire regressie lijn (Regressie). In het werkblad Invoer wordt tevens grafisch het resultaat van de berekende en gemeten N-min plus de gewasopname weergegeven.

Omdat zowel de stikstof- als de koolstofdynamiek wordt berekend heeft de EXCEL spreadsheet de naam XCLNCE (spreek uit: Excellence) gekregen

De benodigde invoer wordt besproken evenals de wijze waarop de berekeningen plaatsvinden. Met behulp van een bloembollen rotatie op een perceel van het proefbedrijf De Noord worden de resultaten van XCLNCE vergeleken met gemeten waarden voor N-min in de bouwvoor. Als geen rekening wordt gehouden met neerslaggegevens is het resultaat van XCLNCE matig. Het percentage verklaarde variantie bedraagt dan 17,5 en 77% van de berekende N-min gehaltes wijkt meer dan 50% af van de gemeten waarden. Een aanzienlijke verbetering treedt op indien de werkelijke neerslag op De Noord en de gemiddelde referentie verdamping van het dichtstbijzijnde KNMI station De Kooij in de berekening van de uitspoeling wordt betrokken. Dan bedraagt het percentage verklaarde variantie meer dan 30% en vallen meer dan 50% van de meetwaarden binnen de afwijking van 50%.

XCLNCE kan worden toegepast voor meerjarige rotaties voor vele open teelten op zand, klei, zavel en dalgronden. Er is slechts een beperkt aantal invoergegevens noodzakelijk op het gebied van teeltmanagement, meststofsamenstelling, de hoeveelheid geoogst product en gewasresten en de samenstelling daarvan. Indien de samenstelling van mest, en gewas niet bekend is kan van standaardcijfers gebruik gemaakt worden.

1 Inleiding

In het IKC rapport: Meststoffen voor de rundveehouderij. Samenstelling, werking en gebruik (Beijer & Westhoek, 1996) zijn rekenregels weergegeven voor de stikstofwerking van organische meststoffen. Deze IKC-rekenregels zijn gebaseerd op de samenstelling van de organische mest, het tijdstip van toedienen, de wijze van toedienen en de grondsoort. Bij het berekenen van de werking wordt rekening gehouden met mineralisatie, vervluchtiging en uitspoeling en denitrificatie. De regels voor vervluchtiging, uitspoeling en denitrificatie zijn erg eenvoudig. Afhankelijk van de wijze van bemesten, vervluchtigt een vast percentage van de ammoniak die aanwezig is in de organische mest. In de maanden met een neerslagoverschot verdwijnt een deel van de minerale stikstof uit de bodem door uitspoeling en denitrificatie. De fractie die verdwijnt is afhankelijk van de maand van toediening en de grondsoort. Er worden twee grondsoorten onderscheiden, zand en klei.

De berekening van de mineralisatie is het meest uitvoerig. Deze berekening is gebaseerd op het rapport van Lammers (1983). Lammers (1983) onderscheidt de toegevoegde organische meststof in drie fracties: makkelijk afbreekbaar, moeilijk afbreekbaar en resistent, met elk hun eigen afbraakconstante. Daarbij wordt verder nog onderscheid gemaakt tussen vaste en dunne mest en gier en de diersoort. De mineralisatie constante is verder afhankelijk van de temperatuur, op basis van de Arrheniusvergelijking. De berekeningen worden uitgevoerd op maandbasis. Er wordt geen rekening gehouden met de mineralisatie van de organische stof in de bodem.

Voor nadere details wordt verwezen naar Beijer & Westhoek (1996) en Lammers (1983).

Hoewel geschreven voor de rundveehouderij, zijn de berekeningen met de IKC-rekenregels ook zeer goed van toepassing op de akker- en tuinbouw en voor de boomteelt.

2 N-Schatters

In het project N-schatters uit het DWK programma 342, worden de resultaten van drie berekeningswijzen voor het schatten van N-min in de bodem met elkaar vergeleken: NDICEA, ROTASK en IKC-regels. De centrale vraag daarbij is of het noodzakelijk is om voor bemestingsadviezen gebruik te moeten maken van vrij ingewikkelde dynamische modellen, of dat ook kan worden volstaan met een meer eenvoudige benadering, de rekenregel.

NDICEA en ROTASK zijn dynamische simulatiemodellen, die rekenen op week- (NDICEA) en dagbasis (ROTASK), de rekenregel is gebaseerd op de IKC-principes maar is voor dit project aangepast door er een EXCEL spreadsheet van te maken. Het verschil tussen NDICEA en ROTASK, is behalve de integratietijdstap ook nog het volgende. In NDICEA is het noodzakelijk om de gewasproductie en de stikstofinhoud te meten. Vervolgens wordt door middel van curve fitting een lijn berekend waarlangs de N-opname verloopt. In ROTASK zijn gewasgroeimodules opgenomen voor verschillende gewassen. In ROTASK wordt dus de stikstofopname berekend aan de hand van klimaatgegevens en de gewasgroeiparameters. Daarmee is ROTASK een completer model dan NDICEA, maar wordt tevens de onzekerheid in de uitkomst groter dan bij NDICEA. Een meer uitvoerige beschrijving van NDICEA en ROTASK wordt gegeven in een volgend rapport waarbij de resultaten van de drie methoden met elkaar worden vergeleken

Voor N-schatters worden de drie rekenmethoden getest op 25 percelen met biologische akker- en tuinbouw, bollenteelt en boomteelt. Als toetsparameter is de hoeveelheid N-min in de bodem gekozen; deze wordt om de 6 weken bepaald op ca 25 percelen.

Verder wordt van de gewassen de opbrengst en de stikstofinhoud van de geoogste bovengrondse delen bepaald. In een aantal gevallen is ook de opbrengst en de stikstofinhoud van de ondergrondse delen bepaald.

Omdat de Excel spreadsheet met de IKC-rekenregels berekeningen maakt voor zowel stikstof als koolstof (N en C) heeft de spreadsheet de voor de hand liggende naam XCLNCE (spreek uit Excellence) gekregen.

In dit rapport wordt een beschrijving van XCLNCE gegeven plus een aantal resultaten voor de bollenteelt. In een vervolg rapport worden de resultaten van XCLNCE en NDICEA en ROTASK van 25 percelen met elkaar vergeleken.

3 XCLNCE

De opzet van XCLNCE wordt hieronder beschreven, waarbij wordt aangegeven welke elementen zijn overgenomen uit de oorspronkelijke IKC-rekenregels, en welke aanpassingen zijn aangebracht.

3.1 Aanpassingen ten opzichte van de IKC rekenregels

Dynamische modellen berekenen op week of dagbasis de hoeveelheid N-min die in de bodem aanwezig is. De IKC rekenregels berekenen in principe alleen of er na een bepaalde bemesting voldoende stikstof beschikbaar komt voor het erop volgende gewas. Omdat voor het project N-schatters is gekozen om N-min in de bodem op diverse momenten in het jaar als toetsparameter te kiezen, moesten ook de IKC rekenregels zodanig worden aangepast dat uitkomsten op dag- of weekbasis mogelijk worden.

3.2 Principe van de IKC rekenregels

De IKC rekenregels werken in het kort als volgt.

3.2.1 Werkingsfactor

Van organische meststoffen wordt de werkingsfactor gegeven: dat deel van de stikstof uit organische meststoffen dat beschikbaar komt voor gewassen. De werkingsfactor wordt bepaald door de maand van toedienen, de hoeveelheid en de fractie N-mineraal en N-organisch in de mest en de samenstelling van de organische fractie. Tenslotte wordt de werkingsfactor bepaald door de verliezen die afhangen van grondsoort en de wijze van toedienen.

3.2.2 Maand van toedienen

Hoe eerder een organische meststof wordt toegediend, hoe meer stikstof eruit vrij kan worden komen door mineralisatie. Echter, ook de verliezen door uitspoeling en denitrificatie nemen toe, naarmate de bemesting eerder plaatsvindt.

3.2.3 Fractie N-mineraal

Elke meststof bestaat uit een fractie N-mineraal en een fractie N-organisch. Van de minerale fractie verdwijnt een deel als gevolg van emissie. Het percentage dat daardoor verloren gaat hangt af van de toedieningsmethode. Er worden vaste

percentages emissie toegekend als gevolg van bovengronds uitrijden, inwerken tijdens dezelfde of de volgende werkgang, of injecteren.

Verder verdwijnt een deel van de N-min door uitspoeling. Het percentage dat verdwijnt hangt af van de maand waarin de mest wordt toegediend en van de grondsoort. Tenslotte verdwijnt een deel van de Nmin door denitrificatie, eveneens afhankelijk van de maand van toedienen en de grondsoort. Uitspoeling en denitrificatie vindt alleen plaats in maanden met een neerslagoverschot.

3.2.4 Fractie N-organisch

Het beschikbaar komen van stikstof uit de organische fractie in de IKC-rekenregels is gebaseerd op Lammers (1983) en wordt in principe bepaald door:
- de fracties makkelijk afbreekbaar, moeilijk afbreekbaar en resistent
- de maand van toediening

Elke mestsoort bestaat uit de drie bovengenoemde fracties, met elk hun eigen afbraakconstante. Afhankelijk van de maand van toedienen kan er dus meer of minder N mineraliseren. De temperatuur is in de mineralisatiesnelheid verwerkt door middel van een Arrhenius vergelijking.

Daarnaast wordt er nog onderscheid gemaakt in varkens en runder(drijf)mest.

Om een juiste vergelijking tussen deze twee dynamische modellen en de IKC regels mogelijk te maken zijn de volgende aanpassingen in de IKC regels gemaakt:
1. opstellen EXCEL spreadsheet
2. input en berekeningen mogelijk maken op dagbasis
3. berekenen van de gewasopname
4. overige aanpassingen (gewasresten, mineralisatieconstanten, fracties, microbiële biomassa, immobilisatie)

3.3 EXCEL spreadsheet

Er is een EXCEL spreadsheet opgesteld met vier werkbladen
- Blad 1: Invoer
- Blad 2: Tabellen
- Blad 3: Berekeningen
- Blad 4: Regressie

In blad 1, Invoer, worden de teeltgegevens, bemestingsgegevens en gemeten N-min waarden in de bodem ingevoerd. Verder staat in blad Invoer in de huidige versie een grafiek met de resultaten van N-min in de bodem, en de gewasopname.

In blad 2, Tabellen, zijn tabellen opgenomen met een aantal karakteristieken omtrent bodem, gewas, meststoffen en klimaatgegevens.

In blad 3, Berekeningen, worden o.a. de volgende berekeningen uitgevoerd:
- N-min in de bodem
- N-organisch in de bodem
- Organische stof in de bodem
- N-opname door gewas
- N-uitspoeling
- N-denitrificatie
- N-vervluchtiging
- N-immobilisatie

In blad 4, Regressie is het mogelijk om met behulp van lineaire regressie de berekeningen en metingen met elkaar te vergelijken.

Nadere details worden gegeven bij de bespreking van de werkbladen.

3.3.1 Input en berekeningen mogelijk maken op dagbasis

De spreadsheet is zodanig ontworpen, dat input en berekeningen op dagbasis mogelijk zijn. Dat wil zeggen dat het mogelijk om op elke dag van het jaar te bemesten, te planten of te zaaien en te oogsten. Daarom zijn de mineralisatieconstanten en de fracties N-min die uitspoelen en denitrificeren omgezet naar snelheden en fracties per dag. Bij de uitspoeling is uitgegaan van het volgende: In de IKC-rekenregels is de fractie die uitspoelt het grootst bij toediening in oktober (68% op zand en 47% op kleigrond. De uitspoeling is nul tussen april en oktober. In XCLNCE is de uitspoeling per dag gelijk aan 0,68 en 0,47 gedeeld door het aantal dagen tussen 1 oktober en 1 april voor respectievelijk zand- en kleigrond. Daarbij is niet alleen de N-min uit de toegediende mest onderhevig aan uitspoeling of denitrificatie, maar ook die welke op dat moment door mineralisatie is gevormd.

3.3.2 Berekenen van de gewasopname

Het berekenen van de stikstofopname door het gewas betekent een aanzienlijke aanpassing aan de IKC regels. In de IKC rekenregels wordt eigenlijk alleen bepaald of er voldoende stikstof geleverd kan worden voor het gewas. In de opzet voor N-schatters moet worden berekend hoeveel stikstof er in de bodem aanwezig is op verschillende momenten (dagen) van het jaar, ook tijdens de groeiperiode. Omdat N-min in de bodem op elk moment de resultante is van aanvoer en afvoer, en onttrekking door planten een belangrijke afvoerpost is was het noodzakelijk om met de onttrekking door het gewas rekening te houden.

Het berekenen van de N-opname is op een eenvoudige wijze uitgevoerd met behulp van een logistieke functie. Hiervoor moet een aantal gegevens bekend zijn: de hoeveelheid N in poot- of zaaigoed, de hoeveelheid N die aan het eind van de groei is opgenomen en de snelheidsconstante die de opnamesnelheid bepaalt. Poot- of zaaidatum en oogstdatum markeren dan het begin en eindpunt van de curve en de

steilheid wordt bepaald door de snelheidsconstante. Om ook wintergewassen en meerjarige gewassen (boomteelt) in de berekeningen te kunnen opnemen is rekening gehouden met de temperatuur. Anders zou de N-opname in de winterperiode zwaar worden overschat. Er wordt rekening gehouden met de temperatuur op basis van de Arrheniusvergelijking. Verder is er een terugkoppeling in de berekeningen opgenomen met de hoeveelheid beschikbare N-min in de bodem. Deze terugkoppeling is noodzakelijk, omdat in werkelijkheid de stikstofopname uiteraard stopt indien er geen N-min in de bodem meer beschikbaar is. De terugkoppeling vindt plaats door middel van een Michaelis-Menten vergelijking. Nadere details worden gegeven bij de bespreking van het werkblad berekeningen.

3.3.3 Overige aanpassingen

3.3.3.1 Gewasresten

Van een aantal gewassen blijven niet geoogste resten op het land achter. Deze worden in de spreadsheet ingevoerd als organische bemesting op de datum van onderwerken. De karakteristieken van de gewasresten zijn opgenomen in de tabel met meststofkarakteristieken. Gewasresten worden altijd in de eerste werkgang ondergewerkt.

3.3.3.2 Mineralisatieconstanten

De mineralisatieconstanten voor de drie fracties in organische meststoffen zijn overgenomen uit Lammers (1983). In Lammers (1983) wordt alleen maar uitgegaan van dierlijke mest als meststof. Voor het project N-schatters moeten ook berekeningen worden gemaakt van het effect van andere bronnen van organische stikstof, zoals gewasresten, compost, bloedmeel etc. De fractie gemakkelijk afbreekbare organische N uit mest is waarschijnlijk anders van karakter dan die uit gewasresten of bloedmeel, waarschijnlijk is de makkelijk afbreekbare fractie uit mest resistenter dan die uit vers plantenmateriaal. Om die reden was het noodzakelijk om een vierde fractie te definiëren, de zeer makkelijk afbreekbare fractie. De mineralisatieconstante hiervan is geschat uit eerdere experimenten (Zwart *et al* 1999).

Tenslotte werd het noodzakelijk geacht om nu wel rekening te houden met de mineralisatie uit de bodem-organische stof De mineralisatieconstanten voor de organische stof in de bodem zijn betrokken uit meerjarige proeven van het voormalige Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB) met verschillende grondsoorten.

Voor kleigrond is gebruik gemaakt van de resultaten van een meerjarige vakkenproef van het IB (1961-heden). Daarin was een variant opgenomen waaraan sinds 1961 geen organische stof is toegevoerd, door bemesting noch door begroeiing. Van deze grond is elk jaar het organischestof gehalte bepaald, zodat over een lange periode de mineralisatieconstante kan worden geschat.

Voor zand en zavelgronden is gebruik gemaakt van een meerjarige pottenproef van het IB (1972-1983). In die proef is een o.a. groot aantal grondsoorten zonder bemesting of begroeiing geïncubeerd in potten onder natuurlijke (temperatuur)-condities en is jaarlijks het gehalte aan organische stof gemeten. Verder is aan het begin van de proef een groot aantal bodemeigenschappen bepaald. De afname aan organische stof bleek gecorreleerd te zijn aan het begingehalte aan organische stof. Deze relatie wordt gebruikt bij het berekenen van de mineralisatie van de organische stof uit de bodem.

3.3.3.3 Fracties

Voor de eenvoud is gekozen voor een vaste mineralisatieconstante voor elk van de vier fracties van de organische meststoffen. Het enige dat varieert is de fractieverdeling per organische meststof. Zo is de fractie makkelijk afbreekbare organische stof in verse plantenresten relatief groot en de resistente fractie relatief klein. In verteerde vaste mest is dat net andersom. De omvang van de fracties is geschat met behulp van gegevens uit. De Jong, J.A. & W.T. Rinsema (1989)

3.3.3.4 Microbiële biomassa en immobilisatie

In de IKC-regels wordt geen rekening gehouden met immobilisatie. Met name bij het achterlaten van stroresten, of, zoals in de bloembollenteelt gebruikelijk is, bij het toedienen van stro of papierpulp, wordt een deel van de minerale stikstof geïmmobiliseerd. Dit is het gevolg van het vastleggen van N-min in micro-organismen.

De afbraak van organische stof in de bodem vindt plaats door middel van micro-organismen. Een deel van de stikstof uit organische stof wordt daarbij omgezet in microbieel stikstof. De omzettingscoëfficiënt voor koolstof is gesteld op 0.5. (uit 1 kg organische stof C wordt 0.5 kg micro-organisme C gevormd). Aangenomen is dat de C:N verhouding van micro-organismen 6 bedraagt. Als er geen of onvoldoende stikstof uit organische stof zelf beschikbaar is wordt N-min uit de bodem opgenomen (immobilisatie). Als ook die voorraad is uitgeput, stopt de groei van de micro-organismen, en wordt alle koolstof uit organische stof verademd tot CO2. De afbraak stopt dus niet!

Op hun beurt worden micro-organismen ook weer verteerd door consumptie en natuurlijke sterfte. De organische stikstof die ontstaat door immobilisatie wordt opgenomen in de gemakkelijk afbreekbare stikstofpool in de bodem. In de spreadsheet wordt de gevormde microbiële biomassa N toegevoegd aan de makkelijk afbreekbare pool uit meststoffen. De koolstof in de gevormde micro-organismen wordt toegevoegd aan de gemakkelijk afbreekbare C-pool uit meststoffen.

3.4 Bespreking van de werkbladen van XCLNCE

De bespreking van de vier werkbladen van XCLNCE gebeurt aan de hand van een bloembollen rotatie. Meestal worden reële voorbeelden gebruikt, maar hier en daar wordt daar van afgeweken om de omvang van de tabellen te beperken. Zo wordt er bijvoorbeeld direct na de bemesting met vaste rundveemest tulp gepoot, die ook direct de volgende dag boven de grond staat.

3.4.1 Werkblad invoer

In het werkblad Invoer moeten de volgende gegevens worden ingevoerd:
1. bodemgegevens
2. teeltgegevens
3. bemestingsgegevens
4. meetgegevens

3.4.1.1 bodemgegevens

De bodemgegevens worden ingevoerd in Tabel 1. Van de bodem zijn de volgende invoergegevens noodzakelijk:

- grondsoortnummer;
  na het invoeren van het nummer wordt automatisch de bijbehorende grondsoort opgezocht uit het werkblad Tabellen (nu alleen nog zand of klei) plus het bijbehorende gehalte aan organische stof (%). Indien dit standaardgehalte afwijkt van de werkelijke gehalte kan ook de werkelijke waarde in de Tabel 1 worden ingevoerd.
- laagdikte in cm;
  er is 1 laag gedefinieerd, na het invoeren van de laagdikte wordt de hoeveelheid organisch N daarin uitgerekend. Hierbij wordt verondersteld dat de organische stof in de bodem voor 50% bestaat uit koolstof (C) en dat de C:N verhouding 10 is.

- N-min startwaarde;
  indien bekend kan hier de startwaarde voor N-min worden ingevuld; indien onbekend is het safe om uit te gaan van 5-10 kg per ha

Tabel 1 Beginsituatie

Beginsituatie

nummer	grondsoort	Laagdikte cm	org stof %	N-org kg/ha	Nmin kg/ha
1	zand	30	1,25	2344	5

3.4.1.2 Bemesting

De bemesting kan worden ingevoerd zoals aangegeven in Tabel Bemesting (Tabel 2). Ingevoerd moeten worden:

- bemestingsdatum;
  de eerste datum die wordt ingevoerd is tevens de startdatum van de berekeningen
- mestnummer;
  door een nummer in te voeren wordt de bijbehorende mestsoort uit ingelezen uit het werkblad Tabellen.
- hoeveelheid;
  de hoeveelheid die wordt aangevoerd (in tonnen per ha). *NB Om rekentechnische redenen moet op de startdatum als hoeveelheid altijd 0 worden ingevuld*
- onderwerknummer;
  door nummer 1, 2 of 3 in te vullen wordt als methode van onderwerken bovengronds uitrijden, onderwerken in de eerste werkgang of injecteren opgezocht uit het werkblad Tabellen

Tabel 2. Bemesting

B***emesting***

Datum	Mestnummer	Mestsoort	Hoeveelheid (ton/ha)	Onderwerken	Onderwerken
1-Oct-96	23	Dunne rundveemest	0	2	eerste werkgang
4/Mar/97	26	Kunstmest	0,042	3	injectie

3.4.1.3 Gewas

De gewasgegevens moeten worden ingevoerd in de tabel Gewas (zie Tabel 3). Ingevoerd moeten worden:

- Gewasnummer;
  door een nummer in te voeren wordt het bijbehorende gewas opgezocht en ingelezen in de kolom gewas. *NB. Om rekentechnische redenen is het gewasnummer waarmee gestart wordt altijd 0 (braak)*
- Zaaidatum;
  NB De eerste zaaidatum is altijd gelijk aan de eerste bemestingsdatum (startdatum). In de volgende rijen kan de zaai, respectievelijk plantdatum van het betreffende gewas worden ingevoerd
- Oogstdatum;
  NB Na een braakperiode wordt er natuurlijk niet geoogst. Daarom is de eerste oogstdatum ook opgelegd. Deze wordt automatisch ingevuld zodra de zaaidatum van het eerste gewas is ingevuld en is 1 dag eerder dan de eerste zaaidatum. In de volgende rijen kan de werkelijke oogstdatum worden ingevuld.

Tabel 3 Gewasgegevens

Gewas

Gewasnummer	Gewas	Zaaidatum	Oogstdatum
0	braak	1-Oct-96	19-Jan-97
39	tulp	20-Jan-97	14-Jul-97

3.4.1.4 Meetwaarden

De gemeten N-min waarden moeten worden ingevoerd in Tabel 4
Ingevoerd moeten worden:

- datum;
  NB De eerste datum is automatisch de start datum. De volgende datums kunnen worden ingevoerd.
- N-min (0-30 cm, indien de bodemlaag 30 cm diep is, anders aanpassen aan de werkelijke laagdikte).
  NB. De eerste waarde is automatisch de waarde die in de beginsituatie is ingevoerd. De andere meetwaarden kunnen worden ingevuld. Eventueel is de tabel uit te breiden met een andere bodemlaag indien ook nog dieper is gemeten.

Tabel 4 Meetwaarden

Meetwaarden

Datum	N-min (0-30)
1-Oct-96	25
3-Feb-97	7,5

3.4.2 Werkblad Tabellen

In het werkblad Tabellen is een aantal tabellen opgenomen met o.a. karakteristieken van de verschillende gewassen en de meststoffen. Daarnaast is een aantal tabellen opgenomen met gegevens die dienen als hulpmiddel voor de berekeningen. De inhoud van de tabellen wordt hieronder kort weergegeven.

3.4.2.1 Ammoniakvervluchtiging

De ammoniakvervluchtiging (Tabel 5) is afhankelijk van de wijze van inwerken van de mest. De fractie ammoniak die vervluchtigt is overgenomen uit Beijers & Westhoek (1996).

Door in de invoertabel bemesting een inwerknummer in te vullen worden de bijbehorende parameters ingelezen.

Tabel 5 Vervluchtiging N-mineraal

Inwerken nummer	Vervluchtiging Nm inwerken	Fractie vervluchtiging
1	bovengronds	0,4
2	eerste werkgang	0,12
3	injectie	0,02
4	tweede werkgang	0,26

3.4.2.2 Grondsoort

In de Tabel 6 is een aantal parameters opgenomen van de grondsoorten zand en klei. Als in de invoertabel voor grondsoort het cijfer 1 of 2 wordt ingevuld worden de respectievelijke parameters ingelezen.

Tabel 6 Grondsoort

Grond

Nummer	Grondsoort	Org.stof%	k Norg	Bulkdichtheid	Laagdikte cm
1	zand	1,25	0.00004	1,25	30
2	klei	1,25	0.00006	1,25	30

Het percentage organischestof bij de start is (arbitrair) op 1.25 gesteld, evenals de bulkdichtheid van 1.25 kg / L. De afbraakconstante voor organische stikstof (k Norg) is voor zandgrond afgeleid uit een serie potproeven met verschillende grondsoorten. Voor klei is deze afkomstig uit een langlopende vakkenproef met klei en zavelgrond.

3.4.2.3 Uitspoeling, denitrificatie en temperatuur

In de IKC-rekenregels is de fractie Nmin uit mest die verdwijnt in de wintermaanden afhankelijk van het tijdstip van toedienen. De denitrificatie is echter geheel onafhankelijk van het tijdstip van toedienen. Op zandgrond verdwijnt altijd 17% en op kleigrond altijd 38% door denitrificatie (Tabel 8.4 Beijers & Westhoek, 1996). In de spreadsheet XCLNCE is dit niet overgenomen. In de eerste plaats lijkt het niet erg realistisch dat de denitrificatie tussen september en maart even hoog zal zijn als die tussen februari en maart. In de tweede plaats kon daarvoor geen geschikte formule worden ontworpen. Daarom is de totale denitrificatie over de wintermaanden in de spreadsheet 17% en 38% op respectievelijk zand en kleigrond, bij toediening in oktober.

Toediening op een later tijdstip dan 1 oktober resulteert in een lagere denitrificatie. De fractie die per dag verdwijnt is 0,17, respectievelijk 0,38 gedeeld door het aantal dagen tussen toedienen en 28 februari. Bij elkaar opgeteld bleek dan dat er op die wijze iets meer verdween dan de 17, respectievelijk 38%. Daarom is voor dat verschil nog een rekenkundige correctie uitgevoerd, zodat de totale denitrificatie op zandgrond op 17% uitkomt en op kleigrond op 38%. Voor de uitspoeling is een

vergelijkbare exercitie uitgevoerd, zodat de totale uitspoeling over de wintermaanden gelijk is aan de waarden van Beijers & Westhoek (1996).

De totale uitspoeling wordt waarschijnlijk redelijk goed geschat door een vaste fractie per maand (dag) te nemen, maar de dagelijkse dynamiek wordt onderschat. Op lichte gronden kan met een zware bui een groot deel van de N-min zeer snel naar diepere lagen uitspoelen. Een dergelijk effect wordt niet in deze versie van XCLNCE berekend.

Een ander verschil met de oorspronkelijke rekenregels is dat in XCLNCE niet alleen de N-mineraal uit mest onderhevig aan uitspoeling en denitrificatie, maar alle N-mineraal die in de bodem aanwezig is of wordt gevormd.

De gemiddelde uitspoeling en denitrificatie (als fractie van de hoeveelheid N-mineraal in de bodem) voor klei en zand worden ingelezen uit de Tabel Uitspoeling (Tabel 8). De gegevens zijn afkomstig uit Lammers (1983) en omgerekend naar verliezen per dag door de het percentage verlies te delen door het aantal dagen tussen de maand van toediening en 1 maart (Tabel 7).

Tabel 7 Uitspoeling en denitrificatie vlg. Beijer & Westbroek (1996) in %

Maand	Gegevens IKC-rapport				Aantal dagen tot 1 maart
	Denitrificatie		Uitspoeling		
	Zand	Klei	Zand	Klei	
oktober	17	38	68	47	151,25
november	17	38	68	47	120,25
december	17	38	60	30	90,25
januari	17	38	40	20	59,25
februari	17	38	20	10	28,25
maart	0	0	0	0	

3.4.2.4 Temperatuur

In de tabel Uitspoeling staat ook de gemiddelde maandtemperatuur. Voor elke dag wordt hieruit de gemiddelde temperatuur berekend volgens France & Thornley (1984):

$$TN = ay + by * \sin[(N - N0)/(365 * 360)]$$

Waarin:
TN is de temperatuur op dag N
ay is gemiddelde jaartemperatuur
by is de amplitude van de sinusfunctie (verschil tussen maximum temperatuur en gemiddelde temperatuur)
N is het dagnummer
N0 is de faseverschuiving van de sinusfunctie, in praktijk de dag met de laagste temperatuur. (voor Nederland 15 januari)

Tabel 8 Uitspoeling

Maandnummer	Uitspoeling per maand, fractie vanNm		Denitrificatie per temperatuur maand, fractie van Nm		
	klei	zand	klei	zand	
1	0,0032	0,0053	0,003	0,0013	1,7
2	0,0034	0,0056	0,006	0,0027	2
3	0	0	0	0	5
4	0	0	0	0	8,5
5	0	0	0	0	12,4
6	0	0	0	0	15,5
7	0	0	0	0	17
8	0	0	0	0	16,8
9	0	0	0	0	14,3
10	0,003	0,0035	0,001	0,0005	10
11	0,0037	0,0044	0,001	0,0006	5,9
12	0,0024	0,0039	0,001	0,0006	3
Totaal	0,468	0,678	0,378	0,173	

3.4.2.5 Gewassen

In de tabel Gewaslijst (zie Tabel 9 voor een aantal voorbeelden) zijn de gewas-karakteristieken opgenomen:

- de hoeveelheid stikstof in poot- of zaaimateriaal
- de maximum stikstofopname door het gehele gewas
- de hoeveelheid stikstof die achterblijft in de gewasresten
- de specifieke groeisnelheid q (zie berekening gewasgroei)

Tabel 9 Gewaskarakteristieken

Gewaslijst

Nummer	Gewas	Nopn_t0	Nopn_max	q	Gewasrest-N
1	Aardappel (biologisch)	5	120	0,09	20
2	Andijvie	5	200	0,31	50
3	Bladrammenas groenbemester)	1	50	0,15	50
4	Bloemkool	5	200	0,23	80
5	Boon (minus N-fixatie)	1	25	0,2	50
6	Bospeen	1	95	0,15	25
7	Braak	0	0	0	

De gegevens voor maximum N-opname en N in gewasresten zijn afkomstig uit het Handboek voor de akkerbouw en groenteteelt. De waarde van q is gefit op basis van de groeiperiode voor het betreffende gewas (Handboek voor de akkerbouw en groenteteelt) en de gemiddelde temperatuur in de groeiperiode en q is zodanig gekozen dat in de groeiperiodeperiode 99% van de stikstof kan worden opgenomen.

De waarde van q is voor elk gewas gebaseerd op een gemiddelde groeiperiode tussen zaaien of planten tot oogsten. Dit is voor het berekenen van de dagelijkse N-opname wellicht niet optimaal De periode tussen gewasopkomst en datum van maximum N-opname zou waarschijnlijk tot een verbeterde berekening leiden.

NB De gewaslijst kan worden uitgebreid, maar moet altijd in alfabetische volgorde worden gesorteerd.

3.4.2.6 Meststoffen

De meststofkarakteristieken zijn opgenomen in de tabel Meststoffen (zie Tabel 10 voor een aantal voorbeelden). Elke mestsoort heeft zijn eigen nummer. Gehaltes aan drogestof (ds), organische stof (os), totaal stikstof (Nt), minerale stikstof (Nm) en organische stikstof (Norg) worden weergegeven als kg per 1000 kg vers product en zijn gebaseerd op literatuurwaarden**,** (Snoek, et al 2000).

De fracties zeer snel afbreekbaar (eiwit), snel afbreekbaar, langzaam afbreekbaar en resistent zijn overgenomen uit de literatuur of geschat. De fractie zeer snel afbreekbaar is toegevoegd, omdat de oorspronkelijke drie fracties gebaseerd waren op dierlijke mest, de uitkomsten voor bijvoorbeeld bloedmeel weken teveel af. Deze parameters moeten worden ingevuld voor elke mestsoort die wordt toegediend, inclusief gewasresten en afdekmateriaal als papiercellulose en stro. De afbraak constanties voor de fracties snel, langzaam en resistent komen uit Lammers (1983, rundveedrijfmest) en zijn voor alle mestsoorten gelijk. De afbraakconstante voor de zeer snel afbraakbare fractie komt uit eerder uitgevoerde incubatiestudies (Zwart et al 1999).

De tabel met meststofkarakteristieken kan ook worden uitgebreid, een alfabetische sortering is *niet* noodzakelijk

Tabel 10 Meststofkarakteristieken

Mestnummer	mest	ds (kg/1000 kg)	os (kg/1000 kg)	Nt (kg/1000 kg)	Nm (kg/1000 kg)	Norg (kg/1000 kg)	fractie zeer snel afbreekbaar	fractie snel afbreekbaar	fractie langzaam afbreekbaar	fractie resistent	k fractie zeer snel afbreekbaar per dag	k fractie snel afbreekbaar per dag	k fractie langzaam afbraakbaar dag	k fractie resistent per dag
1	champost	350	220	5,8	0,3	5,5	0	0,20	0,40	0,40	0,03	0,00317	0,00027	0,00004

3.4.3 Werkblad Berekeningen

Het werkblad Berekeningen vormt het hart van XCLNCE. Hier worden alle berekeningen uitgevoerd in een aantal blokken.

3.4.3.1 Blok 1 Management

In het blok Management (Tabel 11) worden de bemesting en het geteelde gewas bijgehouden. Op basis van de datum wordt de gemiddelde dagtemperatuur berekend. Verder wordt op basis van de datum en de ingevoerde gegevens in het werkblad Invoer wordt opgezocht of er bemest is en zo ja waarmee en hoeveel, tevens wordt de wijze van inwerken opgezocht. Verder wordt opgezocht of er een gewas wordt geteeld, en zo ja welk. Gewasnummer staat in dit geval voor het eerste gewas in de te berekenen rotatie, die per definitie start met braak.

Tabel 11 Blok Management

Datum	Temp	Mestnummer	Mest	Hoeveel-heid ton/ha	Inwerk-nummer	Inwerken	Gewas-nummer	Gewas
1-Oct-96	11,1	23	Dunne rundveemest	0	2	eerste werkgang	1	Braak
2-okt-96	11,0	11	Vaste rundveemest	20	2	eerste werkgang	2	Tulp

3.4.3.2 Blok 2, Stikstof uit bemesting

In het blok stikstof uit bemesting (Tabel 12) wordt in het eerste deel voor elke keer dat er wordt bemest opgezocht hoeveel N-min en N-organisch er wordt toegediend, plus de hoeveelheid van de drie verschillende fracties. Verder wordt berekend aan de hand van de hoeveelheid N-min en de inwerkmethode, hoeveel stikstof er door emissie naar de lucht verdwijnt. Hier wordt het voorbeeld van 20 ton vaste rundvee mest uitgewerkt

In het tweede deel van het blok wordt dan per dag berekend hoeveel er van elke fractie er nog over is door afbraak en de daaruit vrijkomende hoeveelheid N-min. Bijvoorbeeld voor de makkelijk afbreekbare fractie:

$$Norg_At = Norg_A(t-1) * k * A$$

Waarin:

Norg_At	=	hoeveelheid N in de makkelijk afbreekbare fractie (A) op dag t
NorgA(t-1)	=	hoeveelheid N in de makkelijk afbreekbare fractie op dag t-1
k	=	afbraakconstante voor de makkelijk afbreekbare fractie
A	=	Arrheniusvergelijking

$$A = e\text{^}\{-C * [1/(273 + temp) - 1/(273 + 10)]\}$$

Waarin

C = 9000

temp = temperatuur in °C van die dag

De hoeveelheid N die wordt vastgelegd in micro-organismen wordt toegevoegd aan de gemakkelijk afbreekbare fractie Norg_A, (voor de berekening van de immobilisatie, zie verderop). Tenslotte wordt de totale hoeveelheid N-mineraal die vrijkomt uit bemesting, berekend uit het verschil in N-org tussen twee dagen.

Tabel 12 Stikstof uit bemesting, Norg_A, -B, -C en –eiwit staat respectievelijk voor N in de gemakkelijk, de moeilijk afbreekbare fractie, de resistente fractie en de zeer gemakkelijk afbreekbare fractie

Datum	Nminmest	Norg mest	NorgAmest	NorgBmest	NorgCmest	Norgeiwitmest	Vervluchtiging NH3	Norg	Norg_A	Norg_B	Norg_C	Norg_eiwit	Nuit mineralisatie mest
1-okt-96	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-okt-96	32,0	106,0	15,9	31,8	58,3	5,3	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3-okt-96	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	106,0	15,9	31,8	58,3	5,3	0,0
4-okt-96	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	105,9	15,9	31,8	58,3	5,1	0,2

3.4.3.3 Blok 3, Uitspoeling, denitrificatie en N-mineraal

In blok 3 (Tabel 13) wordt per dag de uitspoeling en de denitrificatie berekend door de hoeveelheid N-min te vermenigvuldigen met de fractie die er op elke dag van de bijbehorende maand uitspoelt of denitrificeert. Daarbij wordt opgezocht of de bijbehorende grond zand of klei is. In de kolom Nmin staat de hoeveelheid Nmin die op die dag in de bouwvoor aanwezig is. Op dag 0 is dit de starthoeveelheid en daar komt dagelijks bij de hoeveelheid uit depositie, mest, mineralisatie van mest en grond. Er vanaf gaat de hoeveelheid door uitspoeling, denitrificatie en gewasopname. Niet er vanaf gaat de hoeveelheid Nmin door immobilisatie. Doordat die wordt opgeteld bij de fractie gemakkelijk afbreekbaar en doordat de hoeveelheid N die uit mineralisatie ontstaat het verschil is tussen N-org van twee opeenvolgende dagen, wordt de hoeveelheid N die immobiliseert daarmee al verrekend.

Tenslotte wordt in Blok 3 de cumulatieve hoeveelheid Nmin die uitspoelt en denitrificeert berekend.

Tabel 13 Blok 3, Uitspoeling, denitrificatie en N-mineraal

Datum	N-uitspoeling	Denitrificatie	Nuit mineralisatie kg/ha	Nmin kg/ha	N-uitspoeling cum kg/ha	Denitrificatie cum kg/ha
1-okt-96	0,8	0,0	0,0000000	25,00	0,0	0,0
2-okt-96	0,8	0,0	0,0965535	24,22	0,8	0,0
3-okt-96	1,7	0,0	0,0965495	51,73	1,6	0,0
4-okt-96	1,6	0,0	0,3215912	50,18	3,3	0,0

3.4.3.4 Blok 4 Gewasopname

In blok 4 (Tabel 14) wordt de gewasopname van stikstof berekend. In de eerste plaats wordt per dag bijgehouden hoe groot de aanvoer van stikstof met poot- of zaaigoed is. Daarnaast wordt bijgehouden of er een gewas staat en hoeveel dagen er verlopen zijn na het poten of zaaien ervan (pootdatum). Om technische redenen geldt dit ook voor een braakperiode. De gewasopname wordt op twee manieren berekend. In de eerste plaats de potentiële N-opname.

De potentiële N-opname wordt berekend met de volgende formule (France & Thornley, 1984):

$$Ngt = Ng(t-1) + Ng(t-1) * q * A * [1 - (Ng(t-1)/ng\max]$$

Waarin:

Ngt	=	hoeveelheid N in gewas op dag t
Ng(t-1)	=	hoeveelheid n in gewas op dag t-1
q	=	specifieke opnamesnelheid per dag
Ngmax	=	maximum hoeveelheid N in gewas
A	=	Arrhenius vergelijking

$$A = e\text{^}\{-C * [1/(273 + temp) - 1/(273 + temp\max)]\}$$

Waarin

C	=	10000
temp	=	temperatuur in oC van die dag
tempmax	=	maximum (gemiddelde) temperatuur waarbij een gewas groeit (is gesteld op 20 oC)

Op deze wijze groeit een gewas nauwelijks tot niet beneden de 5 °C en vindt de maximum groei plaats bij 20 °C. Daardoor is het bijvoorbeeld ook mogelijk om de opname door wintergewassen te berekenen.

Tabel 14 Blok 4 Gewasopname

Datum	Gewasnummer	Gewas	Zaai/Pootgoed N	Dae	Gewasopname potentieel	Gewasopname
1-okt-96	1	braak	0,0	0	0,0	0,0
2-okt-96	2	tulp	0,0	0	0,0	0,0
3-okt-96	2	tulp	25,0	1	25,0	25,0
4-okt-96	2	tulp	0,0	2	26,2	26,1

Bij de berekening van de potentiële gewasopname wordt er vanuit gegaan dat stikstof ongelimiteerd aanwezig is. Dat zal lang niet altijd het geval zijn, en daardoor zou er meer N worden opgenomen dan er beschikbaar is in de bouwvoor en zou in de berekening er een negatieve waarde voor N-min in de bouwvoor ontstaan..

In de kolom Gewasopname wordt rekening gehouden met de beschikbare hoeveelheid N door de potentiële groeisnelheid q ook nog eens te vermenigvuldigen met een Michaelis Menten factor. De groeisnelheid wordt bepaald door:

$$V = V\,\mathrm{max}^{*}\,[S/(S + Ks)]$$

Waarin

V	=	groeisnelheid
Vmax	=	maximum groeisnelheid q
S	=	stikstofgehalte bouwvoor
Ks	=	constante waarbij geldt V = ½ Vmax (hier 5 kg N per ha, arbitrair)

3.4.3.5 Blok 5 Organische stof, koolstof en immobilisatie

In blok 5 (Tabel 15) wordt per dag bijgehouden hoeveel (organische) koolstof er wordt aangevoerd met mest en hoe de verdeling over de drie fracties is. Verder wordt in blok 5 per dag berekend hoeveel hiervan over is op dezelfde wijze als voor N-organisch wordt berekend in Blok 2 en Blok 3.

Tenslotte wordt berekend of er stikstof wordt geïmmobiliseerd op de volgende wijze. Een deel van de koolstof die verdwijnt wordt verademd tot CO2 en een deel wordt vastgelegd in micro-organismen. Het deel dat wordt vastgelegd wordt bepaald door de Yield factor. Deze is hier gesteld op 0,5. De hoeveelheid stikstof die wordt vastgelegd in micro-organismen wordt bepaald door de C : N ratio, die is gesteld op 6. In een aantal gevallen kan het voorkomen dat er meer stikstof moet worden vastgelegd dan dat er aanwezig is in de organische mest. Bijvoorbeeld bij gebruik van mestsoorten met een zeer hoge C : N ratio (zoals papierpulp, dat geheel geen N

bevat). In die gevallen moet de stikstof voor de vorming van micro-organismen worden onttrokken aan de minerale N voorraad van de bodem. Deze daalt daardoor en dit proces wordt immobilisatie genoemd.

In de kolom *immobilisatie* van Blok 5 wordt eerst bepaald of er organisch koolstof is verdwenen tussen twee dagen. Vervolgens wordt uitgerekend welke fractie daarvan is omgezet in micro-organismen en gelijktijdig wordt gekeken of er voldoende N-min uit mineralisatie komt of in de bouwvoor aanwezig is om daarvoor te zorgen. Zo ja, dan vindt die immobilisatie plaats en wordt de gevormde biomassa N en C opgeteld bij respectievelijk de makkelijk afbreekbare organische N en C pool. Zo nee, dan is de N-immobilisatie 0, maar de verademing van koolstof gaat gewoon door.
(op deze wijze bestaat het gevaar dat Nmin in de bouwvoor negatief wordt; in een latere versie wordt dat voorkomen door een Michaelis-Menten kinetiek voor N van micro-organismen in te voeren)

Tabel 15 Blok 5 Organische stof, koolstof en immobilisatie, voor de betekenis van Corg_A etc zie tabel 12, met C voor koolstof in plaats van N voor stikstof.

Datum	Corg mest	CorgAmest	CorgBmest	CorgCmest	Corgeiwitmest	Corg	Corg_A	Corg_B	Corg_C	Corg_eiwit	N-immobilisatie
1-okt-96	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-okt-96	1530,0	229,5	459,0	841,5	76,5	1606,5	229,5	459,0	841,5	76,5	0,0
3-okt-96	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1603,2	229,1	458,7	841,4	74,0	0,0
4-okt-96	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1600,0	228,7	458,3	841,4	71,6	0,2

3.4.3.6 Blok 6 Gemeten N-mineraal

In Blok 6 wordt per dag bijgehouden of er een N-min meting van de bodem beschikbaar is. Deze wordt gehaald uit de informatie van het werkblad invoer. In deze versie van XCLNCE wordt alleen gekeken naar de laag 0-30 cm. Als er een N-min meting beschikbaar is, wordt deze opgezocht bij de betreffende dag, zo niet dan wordt om grafiek-technische redenen het getal –10 ingevuld. Op die manier kan voor het werkblad Regressie een gemakkelijke selectie gemaakt worden van alle gemeten punten.

3.4.3.7 Blok 7 Organische stof uit de bodem

In blok 7 (Tabel 16) wordt per dag berekend hoeveel organische stikstof er nog over is van de oorspronkelijke hoeveelheid die in de bouwvoor aanwezig was. De berekening is vergelijkbaar met die voor N-organisch uit mest, maar werkt met de afbraakconstante voor grond. De afname gaat gepaard met het vrijkomen van proportionele hoeveelheid Nmin.

Verder wordt in blok 7 de hoeveelheid organische N die nog over is uit de mest opgeteld bij de bodemvoorraad. zodat de totale hoeveelheid N organisch die dan aanwezig is wordt berekend. Deze wordt omgerekend naar het percentage organische stof.

Tabel 16 Blok 7 Organische stof uit de bodem

Datum	Norg-grond	N-mineralisatie uit grond	Norg	Org stof %
1-okt-96	2343,8	0,0	2343,8	1,250
2-okt-96	2343,7	0,1	2343,7	1,336
3-okt-96	2343,6	0,1	2449,6	1,335
4-okt-96	2343,5	0,1	2449,4	1,335

3.4.4 Werkblad Regressie

In het werkblad Regressie wordt een lineaire regressieanalyse uitgevoerd tussen de gemeten N-min gehaltes (X-as) en de berekende Nmin gehaltes (Y-as). In kolom A staan in principe alle gemeten N-min waarden uit het werkblad Berekeningen, inclusief de waarde –10. Door nu een selectie uit te voeren op alle waarden groter dan nul, worden alle werkelijke gemeten Nmin waarden geselecteerd. Automatisch komen dan in Kolom B de berekende waarden voor dezelfde dag te staan. In de grafiek van het werkblad Regressie worden deze waarden weergegeven plus de 1:1 lijn en de lijnen die 50% van de 1:1 lijn afwijken.

4 Resultaat

Het resultaat van XCLNCE berekeningen wordt besproken aan de hand van metingen en berekeningen op een perceel met een geïntegreerde teelt van het Proefbedrijf De Noord van het LBO (perceel 15). Dit percelen zijn met name interessant omdat er een groot aantal verschillende organische producten wordt toegepast plus kunstmest. Bovendien is de grondsoort op De Noord een zeer lichte zandgrond, met een zeer dynamisch vochttransport. Daardoor kan een zware bui reeds een aanzienlijke N-uitspoeling teweeg brengen. Dit verschijnsel is in de eerste versie van XCLNCE niet in de berekeningen opgenomen, waardoor wellicht verwacht mag worden dat de berekende gehaltes hoger zullen liggen dan de gemeten gehaltes.

4.1 De Noord, perceel 15

De gewasrotatie van perceel 15 gedurende de periode 1997-2001 staat weergegeven in Tabel 17 en de bemesting in Tabel 18

Tabel 17 Gewasrotatie op Perceel 15 van De Noord gedurende 1997-2000

Gewas

Gewas-nummer	Gewas	Zaaidatum	Oogstdatum
7	braak	1-Oct-96	19-Feb-97
39	tulp	20-Feb-97	14-Jul-97
27	narcis	20-Jan-98	14-Jul-98
9	gele mosterd	12-Aug-98	20-Sep-98
22	krokus	20-Jan-99	11-Jun-99
13	gras/klaver 1e snede	23-Jul-99	15-Mar-00
23	lelie	22-Mar-00	20-Nov-00

Tabel 18 Bemesting op Perceel 15 van De Noord gedurende 1997-2000

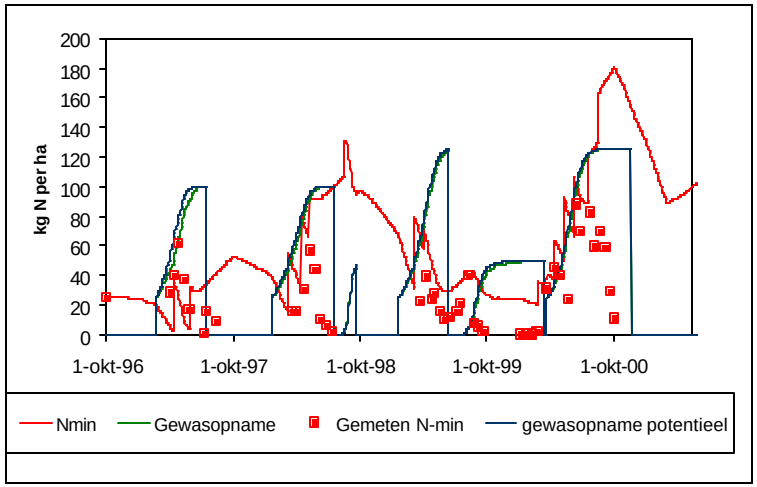
Bemesting

Datum	Mest-nummer	Mestsoort	Hoeveelheid (ton/ha)	Onderwerk-nummer	Onderwerken
1-Oct-96	23	Dunne rundveemest	0	2	eerste werkgang
4-Mar-97	12	Bloedmeel	0,042	3	injectie
10-Apr-97	26	Kunstmest	0,037	3	injectie
30-May-97	26	Kunstmest	0,03	3	injectie
14-Jul-97	35	gewasrest	0,25	3	injectie
6-Mar-98	26	Kunstmest	0,04	3	injectie
14-Apr-98	26	Kunstmest	0,052	3	injectie
6-May-98	26	Kunstmest	0,03	3	injectie
14-Jul-98	35	gewasrest	0,25	2	eerste werkgang
19-Aug-98	26	Kunstmest	0,025	3	injectie
21-Sep-98	35	gewasrest	2	2	eerste werkgang
3-Dec-98	3	Stro	2	2	eerste werkgang
4-Dec-98	27	Papiercellulose	2	2	eerste werkgang
6-Mar-99	26	Kunstmest	0,05	3	injectie
1-Apr-99	26	Kunstmest	0,018	3	injectie
20-Jul-99	27	Papiercellulose	0,733	2	eerste werkgang
21-Jul-99	5	groenbemester	5	2	eerste werkgang
23-Jul-99	27	Papiercellulose	1,466	2	eerste werkgang
23-Feb-00	10	Eigen compost	25,5	2	eerste werkgang
24-Feb-00	4	GFT-compost	6	2	eerste werkgang
15-Mar-00	6	gras/klaver	3,5	2	eerste werkgang
23-Mar-00	27	Papiercellulose	1,466	2	eerste werkgang
12-Apr-00	26	Kunstmest	0,027	3	injectie
8-May-00	26	Kunstmest	0,044	3	injectie
6-Jun-00	26	Kunstmest	0,042	3	injectie
19-Jul-00	26	Kunstmest	0,032	3	injectie
16-Aug-00	26	Kunstmest	0,033	3	injectie

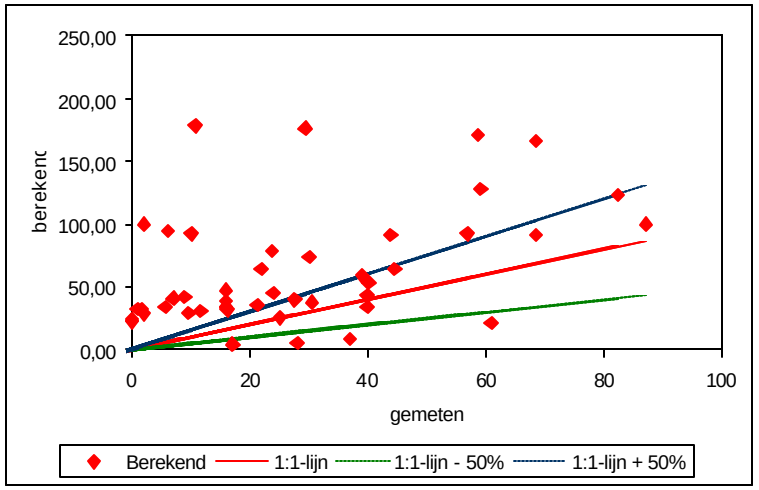
Legenda figuren

Figuur 1.
Berekende (getrokken zwarte lijn) en gemeten (stippen) N-min in de laag 0-30 cm en de berekende (getrokken grijze lijn) en potentiële (gestippelde lijn) N-opname door bloembollen op het geïntegreerde perceel 15 van proefbedrijf De Noord, bij een vaste uitspoeling en denitrificatie.

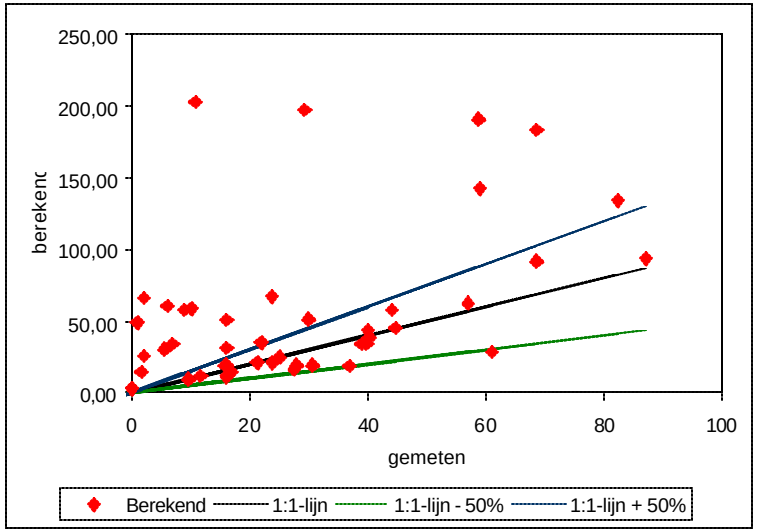
Figuur 2-4.
De relatie tussen de berekende en de gemeten hoeveelheid N-min in de laag 0-30 cm. De getrokken lijn is de 1:1 lijn en de bovenste en onderste gestippelde lijnen zijn de grenzen voor een afwijking van 50% naar boven of beneden. In Figuur 2 gold een vaste uitspoeling en denitrificatie. in Figuur 3 het gemiddelde neerslagoverschot voor De Kooij en in figuur 4 werd de werkelijke neerslag voor De Noord ingevoerd.



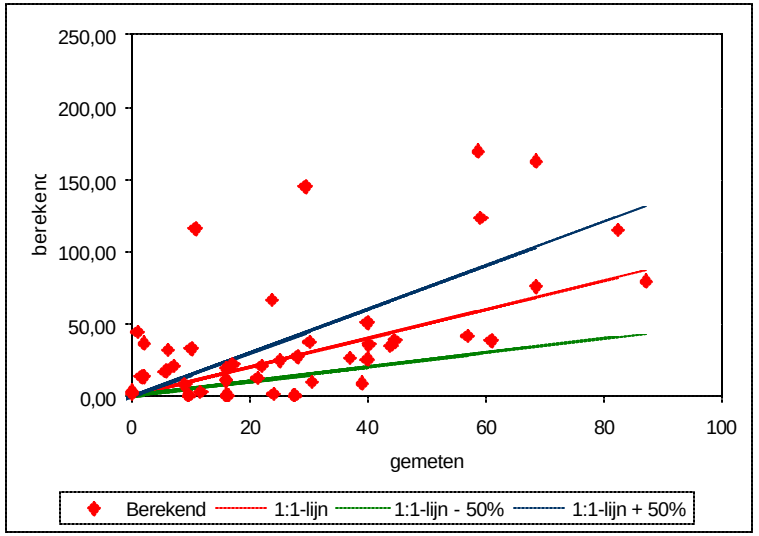
Figuur 1 (zie legenda figuren)



Figuur 2 (zie legenda figuren)



Figuur 3 (zie legenda figuren)



Figuur 4 (zie legenda figuren)

Het resultaat van de berekeningen staat in Figuur 1. De berekende lijn voor N-mineraal volgt redelijk de gemeten waarden, maar uit het resultaat van de regressie tussen gemeten en berekende N-min gehaltes (Figuur 2), valt op te maken dat het merendeel van de berekende waarden boven de gemeten gehaltes ligt. In deze versie van XCLNCE is geen rekening gehouden met de werkelijke neerslag of verdamping. Zoals eerder reeds is aangegeven, kan daardoor een overschatting van de hoeveelheid N ontstaan, vooral op zeer goed doorlatende gronden als die van De Noord. Een zware bui kan ervoor zorgen dat een groot deel van de N-min uit de bouwvoor spoelt. Om die reden is XCLNCE aangepast met een vaste neerslag en een vaste verdamping. Hiervoor zijn gekozen de maandcijfers voor het KNMI-station De Kooij, dat op enkele kilometers van De Noord ligt. De maandcijfers zijn omgewerkt naar dagcijfers en de uitspoeling is aangepast op de volgende manier. Bij een neerslagoverschot wordt het vochtgehalte in de bodem eerst aangevuld tot de maximum hoeveelheid die de betreffende laag (hier 30 cm) kan bevatten. Daarboven spoelt er vocht uit en dat neemt een proportionele hoeveelheid N-min mee. Het resultaat van deze aanpassing is te zien in Figuur 3. Vergelijking met figuur 2 laat een lichte verbetering zien. Het resultaat wordt nog iets beter indien in plaats ven de gemiddelde neerslag van De Kooij, de werkelijke neerslag van het proefbedrijf De Noord wordt ingevoerd (Figuur 4; Tabel 19). In dat laatste geval wijkt de helft van de berekende gehalten meer dan 50% af van de gemeten waarden. Als een afwijking van minder dan 20 kg nog acceptabel is wijkt slechts 33% daarvan af.

Tabel 19 Het effect van het verwerken van de neerslag in de berekening op de betrouwbaarheid van de uitkomst.

Berekening	R2	% afwijkingen < 50%	% afwijkingen < 20 kg N
Vaste uitspoeling en denitrificatie	0,175	77	66
Gemiddelde neerslagoverschot De Kooij	0,196	51	45
Werkelijke neerslag De Noord en gemiddelde referentieverdamping De Kooij	0,333	51	33

5 Conclusies

De IKC-rekenregels zijn omgezet in een EXCEL spreadsheet, waarmee de stikstof (N) en koolstof (C) dynamiek in de bodem kan worden berekend op dagbasis (XCLNCE). Na aanpassingen op het gebied van de invoer en uitvoer van gegevens (van maandelijks naar dagelijks), de opname van stikstof door het gewas, de immobilisatie van stikstof, de dynamiek van de uitspoeling en denitrificatie, viel een groot deel van de berekende N-min in de bouwvoor van het bloembollenbedrijf De Noord, nog buiten de 50% afwijking t,o,v, de ideale 1:1 lijn. Een lichte verbetering trad op indien in plaats van een vaste dagelijkse uitspoeling en denitrificatie gedurende de wintermaanden er rekening werd gehouden met het gemiddelde neerslagoverschot voor het KNMI weerstation de Kooij, gedurende deze maanden. De relatie tussen berekende en gemeten N-min werd veel beter indien in plaats van de gemiddelde neerslag gebruik werd gemaakt van de werkelijke neerslag op De Noord, in combinatie met de gemiddelde referentie verdamping van De Kooij.

Door middel van een eenvoudige invoertabel, in combinatie met een relatief gering aantal gegevens over bodem, meststoffen, gewas en klimaat, kon met behulp van XCLNCE een redelijke schatting van de hoeveelheid N-min in de bouwvoor worden verkregen. De verbeteringen door de aanpassing op het gebied van de neerslag en verdamping laat zien dat het berekenen van de uitspoeling van groot belang is voor een goede berekening van de Nmin voorraad. Verdere verbeteringen op dat gebied en het aanbrengen van meerdere lagen in de berekening met behulp van XCLNCE, zouden de kwaliteit van de spreadsheet nog verder kunnen vergroten.

Referenties

Beijer, L & H, Westbroek (1996) Meststoffen voor de rundveehouderij, Samenstelling, werking en gebruik, IKC rapport 17, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij

Bosch, H, & P, de Jonge, (1989) Handboek voor de Akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond, Publikatie 47, PAGV, Lelystad

De Jong, J,A, & W,T, Rinsema (1989) Bemesting en Meststoffen, Educaboek, Culemborg.

France, J, & J,H,M, Thornley (1984) Mathematical models in agriculture, Butterworths, London

Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1999-2000, H, Snoek, H, Lemmer, L, Kuunders, H, Ellen samenstellers, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (1999)

Lammers, H,W (1983) Gevolgen van het gebruik van organische mest op bouwland. Consulentschap voor bodemaangelegenheden in de landbouw, 44p.

Lammers H,W, (1984) Een berekende N-werkingscoefficient voor diverse dierlijke organische mestsoorten, De Buffer 1984-5, 169-197

Willems, B (1996) Biologische groenteteelt, Jan van Arkel, Utrecht

Zwart, K,B,, A,P, Whitmore, & J,G, Bokhorst (1999) Beheer van organische stof in open biologische, ecologische en geïntegreerde teeltsystemen, Rapport 102 AB-DLO