

## **De status van het rekeninstrumentarium STONE 2.0**

**R. Rötter (Alterra) (red.)**  
**J.J.M. van Grinsven (RIVM)**  
**P. Boers (RIZA)**  
**A.H.W. Beusen (RIVM)**  
**O. Oenema (Alterra)**

**Alterra-rapport 378**  
**Reeks Milieuplanbureau nr. 17**

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

## REFERAAT

Rötter, R., J.J.M. van Grinsven, P. Boers, A.H.W. Beusen en O. Oenema, 2001. *De status van het rekeninstrumentarium STONE versie 2.0*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 378. 40 blz. 9 fig.; 2 tab.; 24 ref.

Het STONE ontwikkelingstraject is gestart in 1993 door Wageningen UR, RIVM en RIZA. STONE is ook een netwerk van deskundigen om als discussieplatform te dienen voor wetenschappers en gebruikers. Voorjaar 2001 is een nieuwe ruimtelijke schematisering van Nederland opgeleverd en zijn nieuwe modules voor berekening van de gewasopname, denitrificatie en mineralisatie van organisch stof geïmplementeerd. Dit resulteerde in STONE 2.0. STONE 2.0 genereert uitvoer voor 6405 unieke combinaties (voornamelijk van landgebruik, bodemtype en hydrologie) voor 10-daagse periodes tussen 1986 en 2000. Prognoses kunnen worden berekend tot het jaar 2100. Interpretatie van de resultaten is alleen geoorloofd voor grotere ruimtelijke eenheden (indicatief 250 km<sup>2</sup>) en voor meerjarige gemiddelden van nutriëntconcentraties en -fluxen. De meest robuuste resultaten van STONE 2.0 zijn de nitraatgehalten in het bovenste grondwater en de mate van P-verzadiging van de bodem, en met name de resultaten op nationale schaal. Toepassingsmogelijkheden van STONE 2.0 op het gebied van milieubeleid zijn groot. STONE zal vanaf najaar 2001 worden toegepast voor berekeningen ten behoeve van de evaluatie van het mestbeleid, voor de Milieubalans en Milieuverkenningen, voor rapportages aan de Europese Commissie, en voor rapportages aan diverse nationale en internationale commissies. Sinds juli 2001 is een intensief traject ingezet van aanvullende toetsing/onzekerheidsanalyse en documentatie/review van STONE 2.0.

Trefwoorden: consensus, milieu, Nederland, model, nutriënten, emissies uit de landbouw, schaalverschillen, stikstof, fosfaat, STONE, uitspoeling

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 32,00 (€15) over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 378. 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 veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

## **Inhoud**

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Historisch overzicht	11
3 Functionaliteit en validiteit van STONE	13
3.1 Functionaliteit	13
3.2 Validiteit	16
3.3 Toepassingsbereik	19
4 Organisatie en communicatie	21
4.1 Interne organisatie en communicatie	21
4.2 Externe communicatie	22
5 Conclusies en perspectieven	23
Literatuur	25
Acronymen	31
<b><i>Aanhangsels</i></b>	
1 Technische functionaliteit van STONE	31
2 Rekenresultaten van STONE	33
3 Contactpersonen binnen STONE	35
4 Lijst van verschenen rapporten in de Reeks Milieuplanbureau	37



## Woord vooraf

Het nutriënten-emissiemodel STONE is een integraal landsdekkend model voor de berekening van de effecten van mestgebruik op uit- en afspoeling van stikstof en fosfaat. In 1993 spraken RIVM, RIZA en Alterra af om gezamenlijk STONE voor de landelijke en regionale schaal te ontwikkelen. Sindsdien zijn vele bouwstenen aangedragen en drempels geslecht. In 1995 werd aan de feitelijke ontwikkeling van STONE begonnen. Veel medewerkers uit de verschillende instituten hebben hieraan bijgedragen. Over STONE bestaat consensus; de kennis die in dit instrument is geïntegreerd, wordt gedragen door alle betrokken instellingen. Het model is het beste dat nu beschikbaar is. Het omvat de huidige kennis van Nederlandse deskundigen op het gebied van nutriëntenemissies.

Het gereedkomen van STONE versie 2.0 markeert de afsluiting van een traject van verbeteringen in deelmodellen en ruimtelijke schematisering en het startpunt van een nieuw traject van toepassingen en validatie. Plausibiliteitsstudies hebben duidelijk gemaakt waar STONE geschikt voor is, en waarvoor niet. De validatiestudie die in voorbereiding is, zal nog meer informatie leveren over de mogelijkheden en onmogelijkheden.

Met de totstandkoming van STONE 2.0 is een sterk verbeterd instrumentarium verkregen. Belangrijk is dat het model door een netwerk van deskundigen tot stand is gebracht en dat de toepassing ook door dit netwerk beoordeeld moet worden. De toepassingsmogelijkheden van STONE 2.0 op het gebied van milieubeleid zijn groot. Om de gewenste kwaliteit van het model en de op stapel staande toepassingen (bv. Evaluatie Mestbeleid) te waarborgen, zullen wij ook in de toekomst onze 'STONE netwerk aanpak' voortzetten.

Wij willen namens de stuurgroep al diegenen die hebben bijgedragen aan de totstandkoming hartelijk bedanken. Verder hopen wij dat hiermee een eerste stap gezet is in de samenwerking, niet alleen waar het gaat om de modelontwikkeling, maar ook wat betreft de beleidsadvisering.

ir. Reinier van den Berg	Hoofd van het Laboratorium voor Bodem en Grondwater, RIVM
ir. Maarten Hofstra	Hoofd van de Hoofdafdeling Emissies, RIZA
prof. dr. ir. Oene Oenema	Programmeleider DLO-385, Milieuplanbureaufunctie, ALTERRA, Wageningen UR



## Samenvatting

Modellen spelen een steeds grotere rol bij de evaluatie van milieu- en natuurbeleid, vooral wanneer dit gericht is op het realiseren van lange-termijn doelstellingen. Redenen voor een grotere rol van modellen bij beleidsondersteuning zijn de toenemende complexiteit van het natuur- en milieubeleid en een toenemende maatschappelijke vraag naar effectiviteit en duurzaamheid van het beleid.

**STONE** staat voor **S**amen **T**e **O**ntwikkelen **N**utriënten **E**missiemodel. Het STONE ontwikkelingstraject is gestart in 1993 door Wageningen UR, RIVM en RIZA. STONE is ook een netwerk van deskundigen om als discussie platform te dienen voor wetenschappers en gebruikers.

STONE model versie 1.0 is medio 2000 formeel opgeleverd en werd door RIVM toegepast voor de 5e Milieuverkenningen. Voorjaar 2001 is een nieuwe ruimtelijke schematisering van Nederland opgeleverd en zijn nieuwe modules voor berekening van de gewasopname, denitrificatie en mineralisatie van organisch stof geïmplementeerd. Dit resulteerde in STONE 2.0. Tijdens een workshop op 6 juni 2001 is deze versie door een breed forum van deskundigen geschikt verklaard voor gebruik bij beleidsondersteuning. STONE kan gebruikt worden voor de berekening van

- ruimtelijk beelden en tijdsverloop van N- en P- concentraties en -fluxen in bodem en bovenste grondwater en van N- en P-afvoer naar oppervlaktewater;
- N- en P-balansen voor Nederland in totaal of voor bepaalde gebieden;
- ruimtelijke beelden van overschrijding van de concentratienormen of reductiedoelstellingen.

STONE 2.0 genereert uitvoer voor 6405 unieke combinaties (voornamelijk van landgebruik, bodemtype en hydrologie) voor 10-daagse periodes tussen 1986 en 2000.

Prognoses kunnen worden berekend tot het jaar 2100. Interpretatie van de resultaten is alleen geoorloofd voor grotere ruimtelijke eenheden (indicatief 250 km<sup>2</sup>) en voor meerjarige gemiddelden van nutriëntconcentraties en -fluxen. STONE resultaten zijn tot nu toe vaak landelijk gepresenteerd, maar er kan ook ingezoomd worden (b.v. op clusters van bodemtype, bodemgebruik en grondwatertrap).

STONE bestaat uit een aantal deelmodellen die al eerder zijn gevalideerd. De meest robuuste resultaten van STONE 2.0 zijn de nitraatgehalten in het bovenste grondwater en de mate van P-verzadiging van de bodem, en met name de resultaten op nationale schaal. Andere toepassingen van STONE 2.0 zijn redelijk betrouwbaar maar vereisen een grotere mate van inzicht op basis van de modeltoetsing en onzekerheidsanalyse. Uitbreiding van de menskracht en versterking van de expertise binnen het projectteam zijn noodzakelijk om de gewenste kwaliteit bij de op stapel staande toepassingen van STONE 2.0 te waarborgen.

Toepassingsmogelijkheden van STONE 2.0 op het gebied van milieubeleid zijn groot. Het is mogelijk om het aantal toepassingen van STONE verder te vergroten: bijvoorbeeld gebruik voor natuurgebieden of voor kleinere gebieden.

STONE zal vanaf najaar 2001 worden toegepast voor berekeningen ten behoeve van de evaluatie van het mestbeleid, voor de Milieubalans en Milieuverkenningen, voor rapportages aan de Europese Commissie, en voor rapportages aan diverse nationale en internationale commissies (OPSPAR, EAJR, RAP, NAP, Rijn, Maas, Schelde).

In reactie op het rapport van de Commissie Spiertz (Advies prioritering onderzoek en monitoring fosfaat en stikstof) is sinds juli 2001 een intensief traject ingezet van aanvullende toetsing /onderzekerheidsanalyse en documentatie/review van STONE 2.0. Dit traject loopt parallel aan het traject van toepassing



# 1 Inleiding

## De Status van STONE

*Stone is een collectief rekeninstrumentarium van Wageningen UR, RIVM en RIZA, voor berekening emissie van stikstof en fosfor naar grond- en oppervlaktewater.*

**STONE** staat voor **S**amen **T**e **O**ntwikkelen **N**utriënten **E**missiemodel. Het STONE ontwikkelingstraject is gestart in 1993 door Wageningen UR (met name Alterra en later ook Plant Research International), RIVM en RIZA. Voor die tijd hadden de departementale onderzoeksinstituten hun eigen rekenmodellen voor berekening van effecten van bemesting op emissies van stikstof en fosfor naar grond- en oppervlaktewater. Deze situatie werd als onwenselijk geacht omdat:

1. het leidde tot ondoorzichtige en mogelijke inconsistente beleidsondersteuning van de bij de mestproblematiek betrokken departementen LNV, V&W en VROM;
2. er problemen waren bij de wetenschappelijke toetsing van de verschillende modellen;
3. er problemen ontstonden bij het duurzaam beschikbaar houden van de benodigde middelen voor beheer, onderhoud en ontwikkeling van deze modellen.

Modellen spelen een steeds grotere rol bij de evaluatie van milieu- en natuurbeleid, vooral wanneer dit gericht is op het realiseren van lange-termijn doelstellingen. Een aantal beleidsprocessen waarbij STONE een ondersteunende rol kan spelen, zijn bijv.

- mestbeleid: bijvoorbeeld de evaluatie van MINAS-verliesnormen en van de EU-nitraatrichtlijn;
- internationaal beleid ter bescherming van Rijn, Maas en Noordzee: bijvoorbeeld toetsing van de haalbaarheid van het emissiereductiebeleid;
- natuurbeleid: bijvoorbeeld ontwikkelen van aquatische natuurgebieden;
- waterbeleid: bijvoorbeeld EU kaderrichtlijn Water;
- gebiedenbeleid.

Redenen voor een grotere rol van modellen bij beleidsondersteuning zijn de toenemende complexiteit van het natuur- en milieubeleid en een toenemende maatschappelijke vraag naar effectiviteit en duurzaamheid van het beleid. Door gebruik te maken van modellen kunnen complexe afwegingen worden geformaliseerd en kan een breed spectrum aan beleidsalternatieven worden vergeleken. De keerzijde van modellen is vaak dat er een gebrek is aan inzicht in de betrouwbaarheid van hun rekenresultaten en in hun toepassingsbereik. Deze keerzijde is deels ook van toepassing op STONE.

STONE is ook een netwerk van deskundigen die hun beste kennis hebben laten condenseren in dit rekeninstrument. Geen van die deskundigen is in staat om zelfstandig alle theoretische en technische aspecten van STONE te overzien. Daarom krijgen de STONE resultaten pas de juiste betekenis en waarde wanneer ze

grondig zijn geanalyseerd en bediscussieerd door diezelfde deskundigen, waar mogelijk in nauwe interactie met de gebruikers.

Tijdens een workshop op 6 juni 2001 is STONE 2.0 door een breed forum van onderzoekers, beleidsanalisten en onderzoeksmanagers van RIVM, RIZA en Wageningen UR geschikt verklaard voor gebruik bij beleidsondersteuning. Hieraan werden voorwaarden en spelregels verbonden. Dit statusrapport beoogt duidelijkheid te verschaffen over de huidige gebruiksmogelijkheden van STONE 2.0 voor onderzoekers maar ook voor beleidsambtenaren en belangenorganisaties. In het statusrapport komen de volgende punten aan de orde:

- Historisch overzicht
- Functionaliteit en validiteit
- Organisatie en communicatie
- Conclusies en perspectieven

## 2 Historisch overzicht

De eerste landelijke berekeningen naar de belasting van grond- en oppervlaktewater met stikstof en fosfaat uit de landbouw op landelijke schaal dateren uit 1989. Deze berekeningen werden uitgevoerd door RIZA en Alterra (destijds DLO-Staring Centrum en nu deel van Wageningen UR) als onderdeel van de voorbereidingen voor de derde nota waterhuishouding (Ministerie V&W, 1989). Het instrumentarium was gebaseerd op het model ANIMO (Kroes et al., 1990). In 1995-1997 zijn de berekeningen nogmaals uitgevoerd met een vergelijkbaar, maar op een aantal punten aangepast instrumentarium (Ministerie V&W, 1996; Boers et al., 1997) als onderdeel van de watersysteemverkenningen. De resultaten van beide studies zijn daarnaast gebruikt voor beleidsadvisering.

Hoewel deze berekeningen de enige waren die op landelijke schaal waren uitgevoerd, was er voortdurend wetenschappelijke kritiek op de kwaliteit van deze berekeningen. RIVM gebruikte in die tijd zijn eigen model-instrumentarium dat vooral gericht was op het berekenen van de kwaliteit van het grondwater en van de ammoniakdepositie.

Tegelijkertijd groeide bij RIZA, RIVM en Wageningen UR het besef dat onderlinge acceptatie van elkaars model-instrumenten zeer gewenst was en dat de mogelijkheden om een gemeenschappelijk model te ontwikkelen, onderzocht zouden moeten worden. Op 4 november 1993 is een eerste workshop gehouden, waar besloten werd tot oprichting van een werkgroep. Deze werkgroep concludeerde dat er een gezamenlijk draagvlak was voor een gemeenschappelijk model, maar dat er nadere studie vereist was. De werkgroep kreeg eind december 1993 de opdracht om een nadere studie te doen naar:

- formulering van de technische en inhoudelijke specificaties van een gemeenschappelijk model
- planning van werkzaamheden en beschrijving van vereiste capaciteit en financiën voor ontwikkeling van een gemeenschappelijk model.

April 1996 leverde de werkgroep haar eindrapport op (Boers et al., 1996). Dit is op 7 juni 1996 in een workshop besproken.

Op die workshop is besloten te starten met de bouw van een eerste versie van STONE. Deze versie is medio 1998 opgeleverd. Ten behoeve van deze STONE versie zijnde modellen CLEAN (mestverdeling), OPS (stikstofdepositie) en ANIMO (gedrag N en P in de bodem) gekoppeld aan een Grafische User Interface (GUI). GUI maakt het mogelijk om scenario's aan te maken en in- en outputdata te bekijken en te presenteren. De invoergegevens (hydrologie, schematisering) waren ongewijzigd overgenomen uit de WSV-studie. Toen was duidelijk dat de kwaliteit van de resultaten van STONE niet alleen worden bepaald door de beschrijving van het gedrag van N en P in de bodem, maar ook door de hydrologie. Om die reden is deze eerste versie van STONE niet meteen in gebruik genomen, maar is besloten

eerst een nieuwe, verbeterde hydrologie te ontwikkelen. Pas na implementatie van deze nieuwe hydrologie is medio 2000 STONE 1.0 formeel opgeleverd. Deze versie is door RIVM toegepast voor de 5e Milieuverkenningen (Overbeek et al., 2001a).

Voorjaar 2001 is een nieuwe ruimtelijke schematisering van Nederland (d.w.z. begrenzing van homogene ruimtelijke eenheden gebaseerd o.a. op hydrologie en bodemeigenschappen (Kroon et al., 2001)) opgeleverd en zijn nieuwe modules voor berekening van de gewasopname, denitrificatie en mineralisatie van organisch stof geïmplementeerd. Dit resulteerde in STONE 2.0. De plausibiliteit van de resultaten van STONE 2.0 zijn besproken tijdens workshops op 9-10 april en op 6 juni 2001.

### 3 Functionaliteit en validiteit van STONE

#### 3.1 Functionaliteit

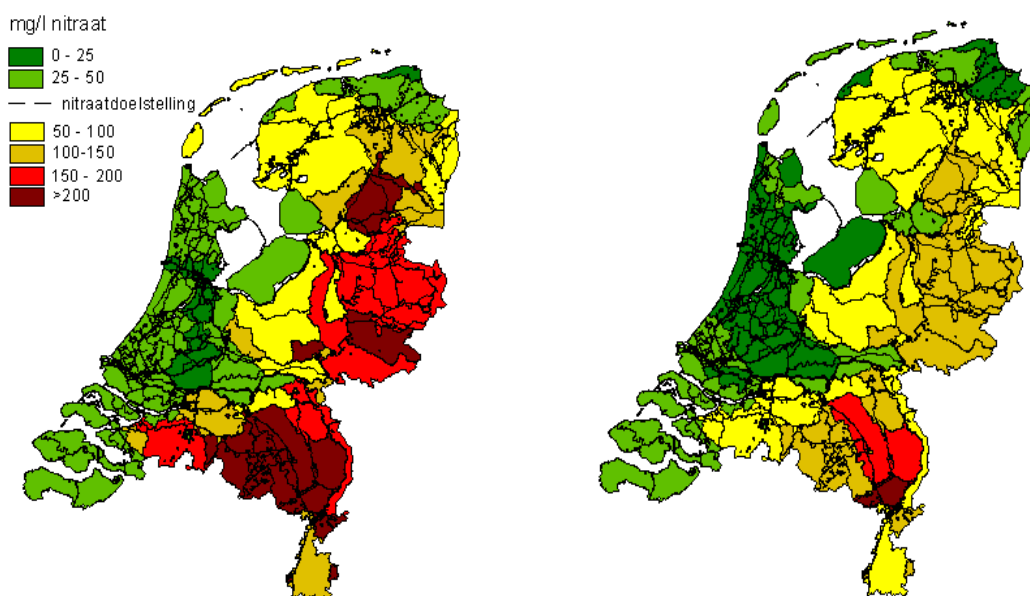
STONE is ontwikkeld voor het evalueren (op nationale schaal) van de gevolgen van ontwikkelingen in de landbouwsector en van nationaal en Europees landbouwbeleid (bijvoorbeeld mestbeleid) en milieubeleid (bijvoorbeeld EU-nitraatrichtlijn) voor de uitspoeling van stikstof (N) en fosfaat (P) naar het grondwater en het oppervlaktewater. Het accent ligt op N en P uit landbouwkundige bronnen (dierlijke mest en kunstmest) en op de gevolgen van wijzigingen in landgebruik. STONE geeft ook resultaten voor het areaal dat in gebruik is als natuur. Hier is atmosferische depositie, ook uit niet-landbouwbronnen, de dominante nutriënten bron.

#### Output

STONE kan gebruikt worden voor de berekening van

- ruimtelijk beelden en tijdsverloop van N- en P- concentraties en -fluxen in bodem en bovenste grondwater en van N- en P-afvoer naar oppervlaktewater;
- N- en P-balansen voor Nederland in totaal of voor bepaalde gebieden;
- ruimtelijke beelden van overschrijding van de concentratienormen of
- educatie-doelstellingen.

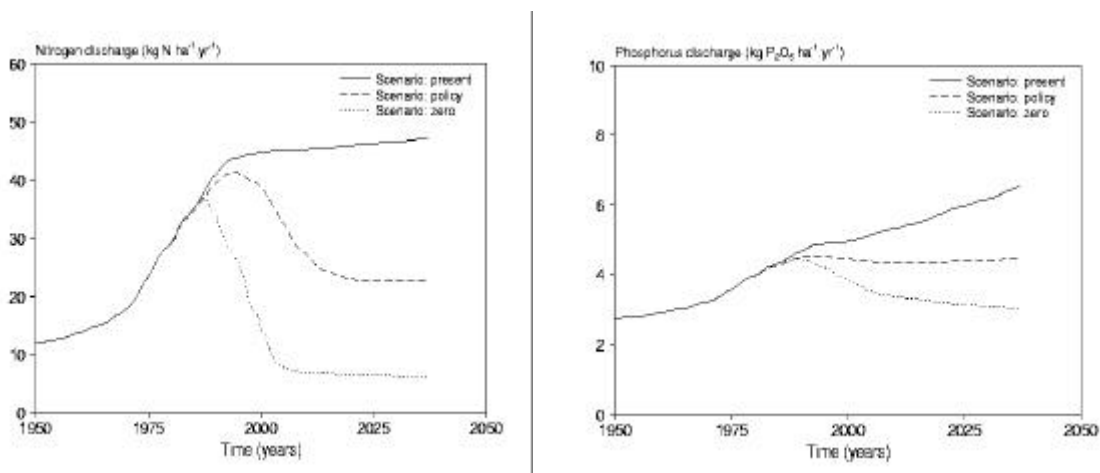
Bovendien kunnen de gevolgen van beleidscenari'o's, bijvoorbeeld veranderingen in ruimtelijke verdelingen van dieraantallen, in emissiereductie en in mesttransport, berekend worden ten behoeve van beleidsoptimalisatie.



Figuur 1. Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van landbouwgronden, berekend met STONE (Overbeek et al., 2001a) voor de laatste tien-jaars periode (1986-2000, links) en voor een toekomst-scenario (periode 2016-2030, rechts) bij toepassing van het beleid volgens de Integrale notitie mest en ammoniakbeleid (LNV, 1995).

Een aantal resultaten van STONE berekeningen worden hier getoond. Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van de landbouwgebieden met zandgronden in het Oosten en Zuiden van Nederland waren in de negentiger jaren vrijwel overal hoger (Figuur 1) dan de EU-nitraatrichtlijn (50 mg/l). In de veen- en kleigebieden van West Nederland waren de nitraatconcentraties wel onder de 50 mg/l richtwaarde. Bij toepassing van het beleid volgens de Integrale notitie mest en ammoniakbeleid (LNV, 1995) neemt de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater af. De nitraatconcentraties in de periode rond het jaar 2020 zijn in Oost-Nederland echter nog steeds boven de 50 mg/l richtwaarde.

De gemiddelde jaarlijkse afvoer van stikstof en fosfaat uit Nederlandse landbouwgronden naar oppervlaktewater-systemen is ook berekend voor de periode 1950-2050 met een eerdere versie van STONE (Figuur 2). Deze berekeningen zijn gedaan voor drie extreme scenario's: 'present' is de continuering van de bemesting uit het jaar 1993; 'policy' is de toepassing van het beleid volgens de Integrale notitie mest en ammoniakbeleid (LNV, 1995); 'zero' is een extreem scenario waarbij vanaf 1994 geen bemesting wordt toegepast (Boogaard & Kroes, 1998). Bij het 'policy' scenario neemt de stikstof-afvoer sterk af, maar blijft de fosfaat-afvoer ongeveer constant vanaf 1985. Dit is het gevolg van de sterke fosfaatophoping in landbouwgronden gedurende de laatste 30 jaar. Wanneer de bemesting gestopt wordt, neemt de stikstofafvoer zeer sterk af. De fosfaatafvoer zal zelfs bij dit extreme scenario nog lange tijd hoog blijven.



Figuur 2. Tijdsverloop van de gemiddelde jaarlijkse afvoer van stikstof (links) en fosfaat (rechts) in Nederland uit landbouwgronden naar grondwatersystemen, gesimuleerd met STONE voor een drietal scenario's: 'present', 'policy' en 'zero' (Boogaard & Kroes, 1998).

In Appendix 2 worden nog een aantal andere resultaten van STONE getoond:

- afvoer van stikstof en fosfaat uit landbouwgronden naar oppervlaktewater-systemen over geheel Nederland;
- mate van fosfaatverzadiging van landbouwgronden in het jaar 1995 en in de toekomst bij toepassing van het beleid volgens de Integrale notitie mest en ammoniakbeleid (LNV, 1995).

### ***Techniek***

STONE 2.0 genereert uitvoer voor 6405 unieke combinaties (voornamelijk van landgebruik, bodemtype en hydrologie) voor 10-daagse periodes tussen 1986 en 2000. Dergelijke rekenresultaten kunnen ook geproduceerd worden voor toekomst-scenario's. Prognoses kunnen worden berekend tot het jaar 2100. Gezien de relatief groffe ruimtelijke en temporele resoluties van invoergegevens (bijvoorbeeld chemische karakterisering ondergrond), van berekende bodembelasting (31 regio's) en van atmosferische depositie (5x5 km<sup>2</sup> per jaar), is interpretatie van de resultaten alleen geoorloofd voor grotere ruimtelijke eenheden (indicatief 250 km<sup>2</sup>) en voor meerjarige gemiddelden van nutriëntconcentraties en -fluxen. STONE-resultaten zijn tot nu toe vaak landelijk gepresenteerd, maar er kan ook ingezoomd worden op regio's, provincies, PAWN-districten of clusters van bodemtype, bodemgebruik en grondwatertrap. De werking van STONE wordt hieronder kort toegelicht (zie Figuur 3). Voor gedetailleerde informatie wordt verwezen naar Beusen et al. (1998), Kroon et al. (2001), en Boogaard & Kroes (1997).

### ***Vertaling van beleidsscenario's naar invoerdata***

De omvang van de veestapel wordt uitgerekend voor Nederland gegeven de geldende plafonds voor dierlijke mest en verliesnormen, de arealen en productie van grasland en andere voedergewassen, het gebruik van andere voedermiddelen, de stal- en uitrijdemissies, en mestafzetmogelijkheden. Deze berekening valt buiten het STONE model.

### ***Berekening van de mestverdeling***

Hiervoor wordt het deelmodel CLEAN (Crops, Livestock and Emissions from Agriculture in the Netherlands) gebruikt (Mooren & Hoogervorst, 1993; Van Tol et al., 2001). CLEAN berekent de jaarlijkse aanvoer van N en P per regio (N=31) naar landarealen met diverse bodem-gewas combinaties (N=42). Hierbij worden 42 diercategorieën en 6 mestsoorten onderscheiden. Verder berekent CLEAN de NH<sub>3</sub>-emissies uit landbouwkundige bronnen.

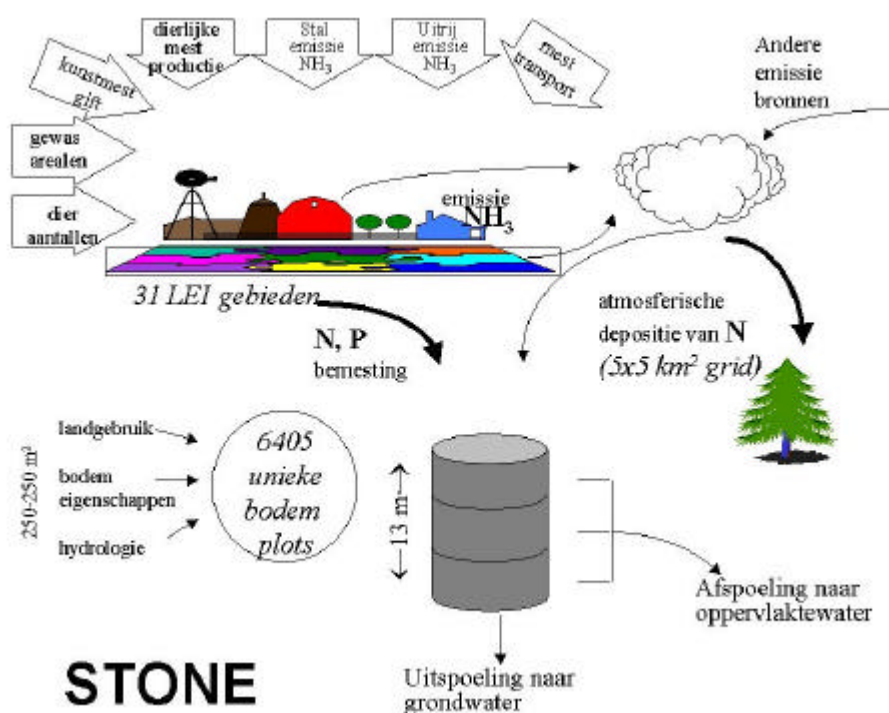
### ***Berekening van de atmosferische depositie van stikstof***

Hiervoor wordt het deelmodel SRM (Source Receptor Matrix) gebruikt (Van Jaarsveld, 1990, 1995). SRM is een vereenvoudiging van OPS (Operationele Prioritaire Stoffen model) voor de berekening van de gemiddelde N-depositie vanuit de atmosfeer per 5x5 km<sup>2</sup> cel. Alleen de N-depositie tengevolge van ammoniakemissies door de Nederlandse landbouw wordt met SRM berekend. De N-depositie tengevolge van stikstofemissies door overige bronnen (zowel binnenlandse als buitenlandse) wordt verkregen door schaling van de met OPS berekende N-depositie door deze bronnen in 1985. De schalingsfactor is gelijk aan de verhouding tussen de scenario-emissie en de emissie in 1985.

### ***Berekening van N- en P-huishouding in bodem en de N- en P-fluxen naar grond en oppervlaktewater***

Het deelsysteem GONAT/ANIMO (Boogaard & Kroes, 1997) met QUADMOT (Ten Berge et al., 2000) wordt hiervoor gebruikt. Binnen dit deelsysteem worden 6405 unieke bodemprofielen van 13 m dikte doorgerekend. ANIMO (Agricultural Nutrient Model) is een complex proces-georiënteerd model voor nutriënten- en koolstof-huishouding in de

bodem, ontwikkeld en getoetst op basis van perceelonderzoek. QUADMOM is een empirisch model voor de berekening van gewasafvoer, gebaseerd op resultaten van veld-bemestingsproeven. De gebruikte hydrologische invoer- gegevens hebben een sterke invloed op de modeluitkomsten en zijn voor ieder profiel onafhankelijk berekend met het hydrologische model SWAP (Kroes et al., 2000).



Figuur 3. Overzicht van invoergegevens en modelresultaten van STONE (voor meer informatie over de technische functionaliteit van STONE, zie Appendix 1).

### 3.2 Validiteit

De betrouwbaarheid van de resultaten van STONE wordt vooral bepaald door de betrouwbaarheid van de gebruikte deelmodellen en de invoergegevens.

De volgende aspecten worden behandeld:

- (1) deelmodellen: CLEAN, SRM en ANIMO/QUADMOM
- (2) invoergegevens: gewasarealen, hydrologie, bemesting enz.
- (3) model-tussenresultaten: denitrificatie, mineralisatie en gewasafvoer
- (4) model-eindresultaten: fluxen naar en concentratie in grond- en oppervlaktewater
- (5) modelgedrag: respons, trends.

#### Ad 1

STONE bestaat uit een aantal deelmodellen die al eerder zijn gevalideerd. Het model ANIMO is uitvoerig gevalideerd aan een zestal case studies (Rijtema et al., 1999). Het CLEAN-model is gevalideerd door vergelijking van zijn uitkomsten met die van twee vergelijkbare modellen, namelijk het Mest en Ammoniak Model (MAM) van het LEI (Blom et al., 1999) en het MEST-WSV model (Ruigh, 1999). Het aan SRM ten



grondslag liggende model OPS is gevalideerd door vergelijking met meetresultaten van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (Van Jaarsveld, 1990; 1995).

#### **Ad 2-4**

Wat betreft aspecten (2) t/m (4) is in Tabel 1 samengevat of deze plausibel zijn, nog verder moeten worden onderzocht, of niet plausibel zijn. De beoordeling is vooral gebaseerd op de recent gerapporteerde nieuwe ruimtelijke schematisatie en toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters in STONE (Kroon et al, 2001) en het plausibiliteitdocument (Overbeek (red.), 2001). Het komende jaar zal er nog een uitgebreidere validatiestudie met STONE worden afgerond.

Allereerst is getoetst of met STONE historische trends van N- en P- uit- en afspoeling kunnen worden gereproduceerd. Hiervoor zijn momenteel historische bemestingsgegevens voor de periode 1980-2000 ingevoerd in STONE. De door STONE berekende nitraatconcentraties in het bovenste grondwater kunnen worden vergeleken met weergecorrigeerde tijdsverlopen van waarnemingen uit het mestmeetnet. Het met STONE berekende afspoelingsverloop van N en P naar oppervlaktewateren kan vergeleken worden met het gemeten verloop van N en P concentraties in rivieren en beken (na correctie voor andere bronnen van oppervlaktewaterbelasting).

Het huidige betrouwbaarheidsonderzoek heeft aan het licht gebracht dat de modelparameterisatie nog niet optimaal is. De resultaten van lopend onderzoek zullen de richting moeten aangeven voor mogelijke verbeteringen. Op dit moment worden de volgende vuistregels gehanteerd:

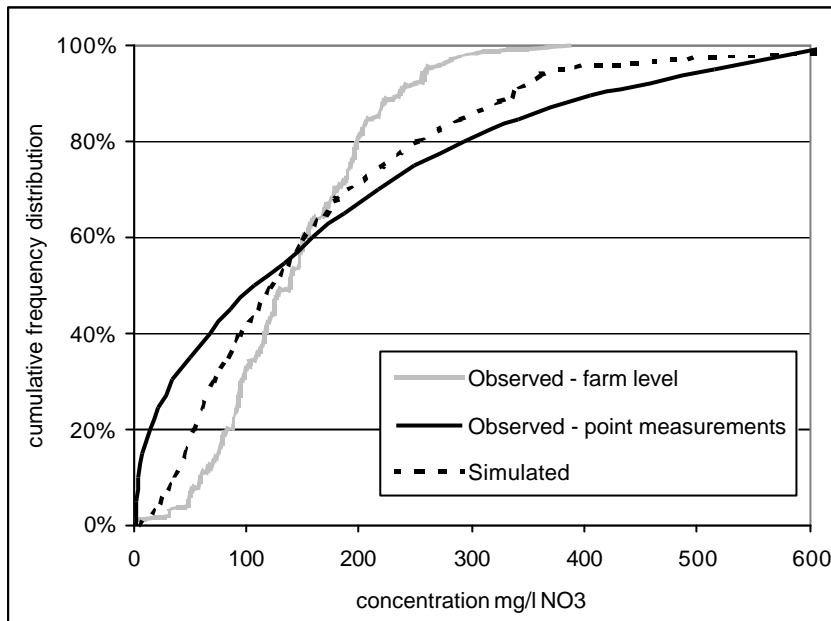
- Interpretatie van resultaten dient plaats te vinden binnen een breed netwerk van deskundigen;
- Betrouwbaarheid van voorspelde effecten van bijv. bemestingsscenario's op uit- en afspoeling van N en P dient beoordeeld te worden op basis van het vermogen van STONE 2.0 om historische trends te reproduceren;
- STONE 2.0 dient terughoudend ingezet te worden voor scenario's (bemesting, landgebruik) die sterk afwijken van de historische situatie.

#### **Ad 5**

Resultaten van de eerste validaties van het STONE modellen-systeem worden beschreven door Overbeek et al. (2001b). Modelresultaten (periode 1992-95) voor zandgronden zijn bijvoorbeeld vergeleken met meetresultaten van het mestmeetnet. De van STONE-berekeningen afgeleide jaar-gemiddelde waarden zijn een middeling van 36 decadewaarden. Het mestmeetnet beslaat twee droge (1992 en 1993) en twee natte jaren (1994 en 1995). Alleen die plots zijn geselecteerd waarbij de GHG dieper ligt dan 40 cm. In Figuur 4 worden de cumulatieve frequentieverdelingen van deze gesimuleerde en geobserveerde nitraat-concentraties vergeleken. De geobserveerde waarden worden gepresenteerd voor zowel bedrijfsgemiddelden als individuele puntwaarnemingen. Rond 20% van de met het model berekende waarden liggen lager dan 50 mg/l. De frequentieverdeling van de STONE-berekeningen ligt in tussen die van bedrijfsgemiddelden en individuele puntwaarnemingen. Dit laat zien dat de STONE resultaten goed overeenstemmen met de meetresultaten van het mestmeetnet.

Tabel 1. Samenvatting van de plausibiliteit van invoergegevens en model-resultaten van STONE

	Plausibel	Met enige aan-passing plausibel te maken	Voorlopig nog niet plausibel
Arealen per bodem-gewas combinatie	Goede match met metelling en LGN3		Grasareaal op veen en natuurareaal door toewijzing niet geteld-landbouwareaal
Trends gebruik kunstmest 86-00	Goede match met MAM op schaal NL		
Trends gebruik dierlijke mest 86-00	Goede match met MAM op schaal NL	Mogelijke onderschatting door aanname dat na 1997 bemesting volgens MINAS. Invoer meer steekjaren	
Initiële fosfaattoestand		Onderschatting voor gras, overschatting voor bouwland. Gebruik historische data	Natuurareaal
Neerslagoverschotten	Goede match met HELP-studies rekening houdend met sindsdien verkregen nieuwe inzichten. Een goede match met gemeten waterbalans in Hupsel.	Overschatting van verdamping op droge zandgronden. Een matige match met de gemeten waterbalans in Rottegatpolder.	
Gt-verdeling	Goede match met recente landelijke steekproef en huidige inzicht in verouderde Gt-kaart	De arealen en locatie van natte Gt's II t/m V	
Gewasafvoer ANIMO-QUADMOD	Gebaseerd op empirisch materiaal	Respons op andere bemesting of ontwatering. P-opname voor Schuitenbeek	De extreme waarden
Consistentie gewasafvoer pre-CLEAN en ANIMO-QUADMOD		Regionale verschillen in drogestof opbrengst	
Nitraat bovenste grondwater Arealen welke voldoen aan 50 mg/L nitraat doelstelling	Goede match met mestmeetnet op het niveau van frequentieverdeling	Vergelijking op het niveau van (bijv. LEI) regio's, bedrijfs-clusters of associaties van bodem, gewas en Gt	
Afspoeling N en P naar oppervlaktewater		Het verschil met frequentieverdeling van CIW data ligt in de range verwachting. Vergelijking voor individuele afwateringseenheden	Overeenkomst met waarnemingen in de studiegebieden Schuitenbeek en Bergambacht
Fosfaat-accumulatie in de bodem. Mate van Fosfaat-verzadiging		Berekening waarschijnlijk robuust als bemesting en gewasafvoer correct. Vergelijking met meetgegevens uit Landelijke Steekproef	
Stikstofbalans		Voor bouwland, maïs en natuur. Er is weinig validatiemateriaal. Voor natuur vergelijking met SMART	De N-accumulatie onder gras op veen is in orde van factor twee te hoog en bijgevolg is de denitrificatie veel te laag
Fosforbalans		Er is weinig landsdekkend validatiemateriaal.	



Figuur 4. Frequentieverdeling van nitraatconcentraties in het bovenste grondwater in landbouwgronden op zand, veldmetingen t.o.v. model resultaten (Overbeek et al., 2001b).

### 3.3 Toepassingsbereik

Het huidige onderzoek naar de betrouwbaarheid van STONE laat zien dat veel aspecten, met name op een fijner schaalniveau dan dat op nationaal niveau, nog onvoldoende onderzocht zijn. Dit werd deels veroorzaakt door het ontbreken van geschikte gegevenssets ter validatie. Tabel 2 geeft een voorlopige samenvatting van de mate van betrouwbaarheid van de STONE-resultaten. Deze tabel laat zien dat STONE vooralsnog alleen geschikt is om uitspraken te doen voor relatief grote arealen en dat met name de landsdekkende uitspraken over nitraatuitspoeling naar het grondwater en fosfaatophoping in de bodem als betrouwbaar beschouwd kunnen worden. In het gele toepassingsbereik zijn de STONE-resultaten van betekenis. Echter, interpretatie van de resultaten t.b.v. beleidsondersteuning zal zorgvuldig moeten plaatsvinden en eerst breed besproken en geaccordeerd moeten worden door deskundigen, voordat tot rapportage en publicatie kan worden overgegaan.

Tabel 2. Globaal overzicht van de mate van betrouwbaarheid van STONE-resultaten op verschillende schaalniveau's. Groen= betrouwbaar; Geel= beperkt betrouwbaar; Rood= onbetrouwbaar.

	Landelijk	LEI-regio Provincies	Associatie bodemgewas-Gt	Bedrijfs-type	STONE Plots
Nitraat bovenste grondwater Areaal > 50 mg/l op droge zandgronden	Geel	Geel	Geel	Rood	Rood
Mate van fosfaat-verzadiging Areaal fosfaatverzadigd	Geel	Geel	Geel	Rood	Rood
N-belasting diep grondwater	Geel	Geel	Geel	Rood	Rood
<i>N-totaal-belasting regionale oppervlaktewater</i>	Geel	Geel	Geel	Rood	Rood
P-totaal belasting regionale oppervlaktewater	Geel	Geel	Geel	Rood	Rood
Stikstofbalans	Geel	Geel	Geel	Rood	Rood
Fosforbalans	Geel	Geel	Geel	Rood	Rood

## **4 Organisatie en communicatie**

STONE is een modellensysteem, dat ontwikkeld is door het onderzoeksconsortium RIVM, RIZA, Alterra en Plant Research International (beide laatsten maken deel uit van Wageningen UR). Maar STONE is ook een discussie platform om consensus en synergie te bereiken.

Organisatie en communicatie, zowel binnen het consortium als naar buiten, zijn essentieel om de doelen van het STONE-project te realiseren. Communicatie is vereist om een breed draagvlak te realiseren voor de studies die met behulp van STONE worden uitgevoerd. Een goede communicatie en organisatie zijn ook nodig voor de afstemming tussen doelen en middelen, en voor het bewaken en verbeteren van de effectiviteit van de ingezette middelen.

### **4.1 Interne organisatie en communicatie**

Binnen het STONE project zijn drie groepen actief, namelijk stuurgroep, adviesgroep en (deel-)projectgroepen.

De stuurgroep stelt de strategische doelen vast in overleg met opdrachtgevers, bewaakt de financiën, kwaliteit en voortgang van de werkzaamheden, en zorgt voor afstemming tussen doelen en middelen. In de stuurgroep zitten alle participerende instellingen. RIZA voert het secretariaat en levert de voorzitter. De stuurgroep komt minimaal vier keer per jaar bijeen.

De adviesgroep adviseert de stuurgroep gevraagd en ongevraagd. De adviesgroep werkt de strategische doelen uit tot concrete adviezen over de wijze van aanpak, de werkwijze in projectgroepen, de opzet van databases, modules, enz. In de adviesgroep zitten alle participerende instellingen. De adviesgroep kiest zelf de voorzitter. De adviesgroep komt minimaal zes keer per jaar bijeen en rapporteert aan de stuurgroep.

De werkzaamheden worden uitgevoerd in projectverband. Binnen STONE worden diverse projecten onderscheiden, afhankelijk van de werkzaamheden. Er zijn twee permanente projecten, namelijk 'Projectleiding' en 'Centraal beheer'. In het project 'Projectleiding' vindt de inhoudelijke sturing en coördinatie plaats. Alterra voert de leiding over 'Projectleiding'. In het project 'Centraal beheer' vindt de software-matige kwaliteitsbewaking, versiebeheer, ingangscontrole en archivering plaats, en wordt de helpdesk-functie georganiseerd. RIVM is projectleider van 'Centraal beheer'. Overige werkzaamheden worden in tijdelijke projecten uitgevoerd, afhankelijk van de project-doelen en planning.

Kwaliteit en consensus zijn twee trefwoorden binnen STONE. Het instrumentarium levert resultaten die wat betrouwbaarheid en kwaliteit betreft voldoen aan de eisen

die passen bij de heersende stand van wetenschap en techniek. Externe audits en reviews maken een integraal onderdeel uit van de geplande werkzaamheden. Consensus wordt bewerkstelligd via een transparante werkwijze en door het organiseren van workshops. Mogelijke verschillen in uitgangspunten en achterliggende overwegingen kunnen daar geanalyseerd en bediscussieerd worden. Van bijeenkomsten van stuurgroep, adviesgroep en projectgroepen worden verslagen gemaakt en intern verspreid binnen het consortium en gearchiveerd.

## **4.2 Externe communicatie**

De leden van de stuurgroep fungeren als liaison tussen het consortium en opdrachtgevers. Opdrachtgevers zijn Milieuplanbureau en de ministeries van VROM, LNV en Verkeer en Waterstaat.

Resultaten van STONE-modelontwikkelingen en -berekeningen worden gerapporteerd in herkenbare rapporten (Milieuplanbureau-reeks), met op het kaft de logo's van RIVM, Wageningen Universiteit en Research centrum, en RIZA. Als auteurs staan vermeld de uitvoerders van de studie, vergezeld van de naam van de instelling(en) waaraan de auteurs zijn verbonden.

Resultaten van STONE worden gepubliceerd in 'peer-reviewed' tijdschriften, ter verifiëring en bewaking van de wetenschappelijke kwaliteit. De doelstelling is minimaal twee artikelen per jaar over het modelinstrumentarium en de resultaten van STONE.

Concept-artikelen en concept-rapporten worden vóór verzending en publicatie geaccordeerd door de projectleiding. De projectleiding consulteert al dan niet de leden van de stuurgroep, afhankelijk van onderwerp en doelgroep van de rapportage.

Informatie over STONE-werkzaamheden en verschenen rapporten zijn ook via het eigen website (homepage: <http://www.alterra.nl/models/stone/index.htm>) te verkrijgen. De website bevordert de toegankelijkheid van en bekendheid met de STONE-resultaten.

Via media zoals Programmaparade en Nieuwsbrief Natuurverkenningen, wordt regulier gerapporteerd over belangrijke resultaten en ontwikkelingen met betrekking tot STONE.

Met betrekking tot "omgaan met de pers" geldt de algemene stelregel dat niet wordt gecommuniceerd met de pers over interne discussies en overwegingen, die (nog) niet door de stuurgroep zijn geaccordeerd. In overleg met de opdrachtgever(s) kan de stuurgroep een interview afgeven of een persbericht doen uitgaan over bepaalde resultaten.

Contactpersonen met betrekking tot STONE worden vermeld in Appendix 3.

## 5 Conclusies en perspectieven

### **Conclusies**

- De meest robuuste resultaten van STONE 2.0 zijn de nitraatgehalten in het bovenste grondwater en de mate van P-verzadiging van de bodem, en met name de resultaten op nationale schaal.
- Andere toepassingen van STONE 2.0 zijn redelijk betrouwbaar maar vereisen een grotere mate van inzicht op basis van modeltoetsing, onzekerheidsanalyse en interim resultaten van de parallelle EMB (Evaluatie Mest Beleid) toepassing.
- Resultaten van STONE- toepassingen dienen gezamenlijk door consortiumpartners te worden beoordeeld en geïnterpreteerd. Dit resulteert in een brede terugkoppeling en bevordert een toenemend inzicht in STONE.
- Uitbreiding van de menskracht en versterking van de expertise binnen het projectteam zijn noodzakelijk om de gewenste kwaliteit bij de op stapel staande toepassingen van STONE 2.0 te waarborgen.
- Toepassingsmogelijkheden van STONE 2.0 op het gebied van milieubeleid zijn groot. Het is mogelijk om het aantal toepassingen van STONE verder te vergroten: bijvoorbeeld gebruik voor natuurgebieden of voor kleinere gebieden.

### **Perspectieven**

STONE zal vanaf najaar 2001 worden toegepast voor berekeningen ten behoeve van de evaluatie van het mestbeleid, voor de Milieubalans en Milieuverkenningen, voor rapportages aan de Europese Commissie, en voor rapportages aan diverse nationale en internationale commissies (OPSPAR, EAJR, RAP, NAP, Rijn, Maas, Schelde).

In reactie op het rapport van de Commissie Spiertz (Advies prioritering onderzoek en monitoring fosfaat en stikstof (Velthof (red.), 2000) ) is sinds juli 2001 een intensief traject ingezet van aanvullende toetsing /onzekerheidsanalyse en documentatie/review van STONE 2.0. Dit traject loopt parallel aan het traject van toepassing en omvat de volgende onderdelen:

- a) Engelstalige documentatie in 'peer-reviewed' internationale tijdschriften: 1 paper over de uitkomsten van de STONE 2.0 plausibiliteittoets (in Proceedings 2nd International Nitrogen Conference on Science and Policy, Maryland, USA: Overbeek et al., 2001b); 1 paper over de rol van STONE bij het formuleren van beleid en over de operationalisering van de modelconcepten van STONE 2.0 (Environmental Modelling & Software); 2 papers over modelconcepten, toetsing en toepassingen van STONE 2.0 (b.v. in Agricultural Systems); 1 paper over de nieuwe hydrologie in STONE 2.0 (bijv. in Agricultural Water Management);
- b) Publiceren van de STONE 2.0 plausibiliteittoets;
- c) Actualisering van de technische documentatie (gebruikershandleiding, modelbeschrijvingen, overzicht van inputdata files, enz.);
- d) Maken van een volledige overzicht van STONE documentatie;

- e) Aanvullen en onderhouden van de STONE project website;
- f) Gedetailleerde toetsing van onderdelen van STONE 2.0 aan meetgegevens. Dit betreft de verschillende aspecten van de verontreiniging van grond- en oppervlaktewater:
  - nitraatconcentratie in het bovenste grondwater
  - stikstof-belasting van het oppervlaktewater
  - fosfor-belasting van het oppervlaktewater
  - totale N- en P-belasting van de bodem
  - mate van fosfaat-verzadiging van de bodem;
- g) Uitbreide evaluatie van de hydrologie voor STONE 2.0:
  - berekende GLG en GHG
  - berekende neerslagoverschotten;
- h) Onzekerheidsanalyse van alle onderdelen (invoerdata en modellen) van STONE 2.0;
- i) Uitvoeren van trainingscursussen over gebruik van STONE2.0 en over interpretatie van STONE-resultaten van scenario analyses voor gebruikersgroepen.

De nieuwe STONE versie 2.0 is duidelijk verbeterd op het gebied van ruimtelijke schematisering, berekening van de mineralisatie, en gewasopname. Op korte termijn worden de mogelijkheden bekeken om STONE2.0 verder te verbeteren. Het gaat hierbij om (a) terugdringen van schaalverschillen tussen deel-modellen en hun invoer-datasets; (b) reductie van de benodigde tijd voor de berekeningen; (c) efficiënt visualiseren van de modeluitkomsten.

Er wordt tijdens de jaren 2002/2003 gestreefd naar een verdere verfijning van de invoer-datasets. Het wordt dan mogelijk om in de toekomst ook op regionaal en gebiedsniveau uitspraken te doen over emissies van N en P uit de landbouw. In aanvulling op de STONE-berekeningen van N- en P-emissies uit de landbouw zal STONE op termijn geschikt gemaakt worden om ook de belasting van natuurgebieden met N en P te berekenen. Deze veranderingen zullen leiden tot STONE versie 3.



## Literatuur

Berge, H. ten, J.C.M. Withagen, F.J. de Ruijter, M.J.W. Jansen en H.G. van der Meer, 2000. Nitrogen responses in grass and selected field crops. QUAD-MOD parameterisation and extensions for STONE application. Report 24, Plant Research International, Wageningen.

Beusen, A.H.W, H.L. Boogaard, P.A. Finke, B. Gehrels, P. Groenendijk, J.A. van Jaarsveld & O. Knol, 1998. STONE 1.0 Technische documentatie versie 1.0, RIVM interne rapport, 84 blz.

Boers, P.C.M. et al., 1996. Definitie en haalbaarheid van een interdepartmental model voor de berekening van de nutriëntenemissie naar grondwater en oppervlaktewater. LBG briefrapport 0280/96 LBG/hg, RIZA werkdocument 96.081X, SC-DLO interne mededeling 414, Lelystad en Wageningen.

Boers, P.C.M., H.L. Boogaard, J. Hoogeveen, J.G. Kroes, I.G.A.M. Noij, C.W.J. Roest, E.F.W. Ruijgh en J.A.P.H. Vermulst, 1997. Watersysteemverkenningen, Huidige en toekomstige belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat vanuit de landbouw. RIZA rapport 97.013, SC-DLO rapport 532.

Blom, J., H. Leneman, M.M. Van Eerdt, H.G. Van der Meer, H.J. Westhoek, J. Jansen, I.G.A.M. Noij, N.J.P. Hoogervorst en O.M. Knol, 1999. Rapport van de STONE werkgroep mestverdeling. Project no. 63358, Wageningen UR, Wageningen & LEI, Den Haag.

Boogaard, H.L. en J.G. Kroes, 1997. GONAT. National nutrient simulations with ANIMO 3.5 Technisch Document 41, DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Boogaard, H.L. en J.G. Kroes, 1998. Leaching of nitrogen and phosphorus from rural areas to surface waters in the Netherlands. Nutrient cycling in agroecosystems 50: 321-324.

Jaarsveld, J.A. van, 1989. Een Operationeel atmosferisch transportmodel voor Prioritaire Stoffen; specificatie en aanwijzingen voor gebruik. RIVM rapport nr. 228603008, Bilthoven.

Jaarsveld, J.A. van, 1990. An Operational atmospheric transport model for Priority Substances; specification and instructions for use. RIVM report no. 222501002, Bilthoven.

Jaarsveld, J.A. van, 1995. Modelling the long-term atmospheric behaviour of pollutants on various spatial scales. Ph.D.thesis, Utrecht University, Utrecht.

Kroes, J.G., C.W.J. Roest, P.E. Rijtema en L.J. Locht, 1990. De invloed van enige bemestingsscenario's op de afvoer van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater in Nederland. Rapport 55, Staring Centrum, Wageningen.

Kroes, J.G., J.G. Wesseling en J.C. van Dam, 2000. Integrated modelling of the soil-water-atmosphere-plant system using the model SWAP 2.0, an overview of theory and an application. Hydrological processes 14: 1993-2002.

Kroon, T., P.A. Finke, I. Peereboom en A.H.W. Beusen, 2001. Redesign STONE. De nieuwe schematisatie voor STONE; de ruimtelijke indeling en toekenning van de hydrologische en bodemchemische parameters. RIZA, Alterra, RIVM.

LNV, 1995. De integrale notitie mest- en ammoniakbeleid. Ministerie LNV, 's Gravenhage.

Ministerie V&W, 1989. Derde Nota Waterhuishouding. Water voor nu en later. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21250, nrs. 1-2, 's Gravenhage.

Ministerie V&W, RIZA en RIKZ, 1996. Watersysteemverkenningen. Achtergrondnota Toekomst voor Water. Nota 96.058, RIZA, Lelystad.

Mooren, M.A.M. en N.J.P. Hoogervorst, 1993. CLEAN, het RIVM-landbouwmodel, deel 1: model structuur, versie 1.0 RIVM rapport nr. 259102005, RIVM, Bilthoven.

Overbeek, G.B.J. (red.), 2001. Plausibiliteitdocument STONE 2.0. RIVM rapport nr. 71850001, Bilthoven.

Overbeek, G.B.J., J.J.M. van Grinsven, J. Roelsma, P. Groenendijk, P.M. van Egmond en A.H.W. Beusen, 2001a. Achtergronden bij de berekening van vermesting van bodem en grondwater voor de 5<sup>e</sup> Milieuverkenning met het model STONE. RIVM rapportnr 408129020, Bilthoven.

Overbeek, G.B.J., A. Tiktak, A.H.W. Beusen en P.J.T.M. van Puijenbroek, 2001b. Partial validation of the Dutch model for emission and transport of nutrients (STONE). In: Proceedings of the 2nd International Nitrogen Conference on Science and Policy, October 2001, Maryland, USA. TheScientificWorld (2001) 1 (zie [www.thescientificworld.com](http://www.thescientificworld.com)).

Rijtema, P.E., P. Groenendijk, en J.G. Kroes, 1999. Environmental impact of land use in rural regions. Series on environmental science and management, Vol.1. Imperial College Press, London, UK, 321 pp.

Ruijgh, E.F.W., 1999. Vergelijking van resultaten CLEAN met MEST-WSV. Project no. R3345, Waterloopkundig laboratorium/ Delft Hydraulics, Delft.

Van Tol, S., G.J. Van den Born, P.M. Van Egmond, K.W. Van der Hoek, N.J.P. Hoogervorst en O.M. Knol, 2001. CLEAN2, het RIVM-landbouwmodel. Model structuur. RIVM rapport nr. 773004 010, RIVM, Bilthoven.

Velthof, G.R. (red.), 2000. Advies prioritering onderzoek en monitoring fosfaat en stikstof. VROM en LNV.



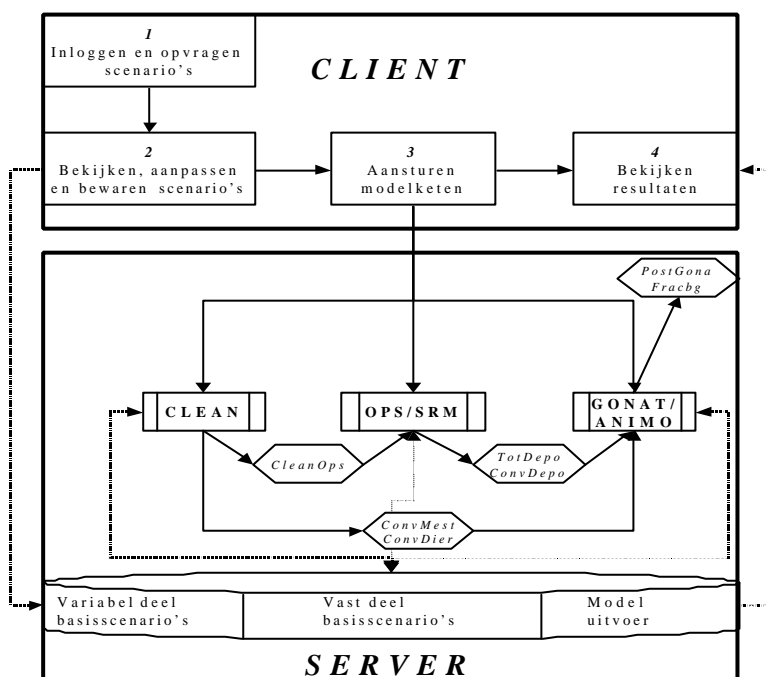
## Acronyemen

Alterra	Onderzoeksinstituut voor de groene ruimte
ANIMO	Agricultural Nutrient Model
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
CLEAN	Crops, Livestocks and Emissions from Agriculture in the Netherlands
DLO	Dienst Landbouwkundig Onderzoek
EAJR	Emissie en Afval Jaar Rapportage (door Coördinatiegroep Doelgroepmonitoring)
EMB	Evaluatie Mest-Beleid
GHG	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand
GLG	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand
Gt	Grondwatertrap
GUI	Grafische User Interface
HELP	Werkgroep HELP(1987): Invloed van de waterhuishouding op de Landbouwkundige productie.
LEI	Landbouw Economisch Instituut
LGN	Landelijk Grondgebruiksdatabank van Nederland
LNV	Landbouw, Natuurbeheer en Visserij
MAM	Mest en Ammoniak Model
NAP	Noordzee ActiePlan
OPS	Operationele Prioritaire Stoffen
OSPAR	OSlo-PARijs overeenkomst
PAWN	Policy Analysis of Water management in the Netherlands
QUADMOD	four QUADrant MODEL relating crop production to fertilizer application
RAP	Rijn ActiePlan
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RIZA	Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling
SMART	Simulation Model for Acidification's Regional Trends
SRM	Source Receptor Matrix
SWAP	Soil Water Atmosphere Plant
STONE	Samen Te Ontwikkelen Nutriënten Emissiemodel
V&W	Verkeer en Waterstaat
VROM	Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu



## Aanhangsel 1 Technische functionaliteit van STONE

STONE bestaat uit twee delen, namelijk een client en een server (Figuur 5). De client wordt gebruikt door de gebruiker. De client (GUI, Grafische User Interface) heeft drie basisfunctionaliteiten. De eerste is dat de GUI invoerdata kan bekijken, veranderen en opslaan. Er zijn in STONE een tiental invoervariabelen die men kan veranderen, waaronder dieraantallen, mestnormen en atmosferische depositie. De tweede functionaliteit is dat de GUI de modelketen (of een deel ervan) kan doorrekenen en kan stoppen. De derde functionaliteit is het bekijken en exporteren van uitvoerdata. Het exporteren gaat dynamisch via EXCEL. De uitvoer kan bekeken worden via trends in de tijd, kaartbeelden (ruimtelijke representatie) en tabellen, en via het opstellen van balansen, zoals waterbalansen en nutriëntenbalansen. Tevens kunnen de resultaten geaggregeerd worden voor regionale eenheden, zoals LEI regio's en PAWN districten.



Figuur 5. Schematisch overzicht van de STONE model keten (Beusen et al., 1998).

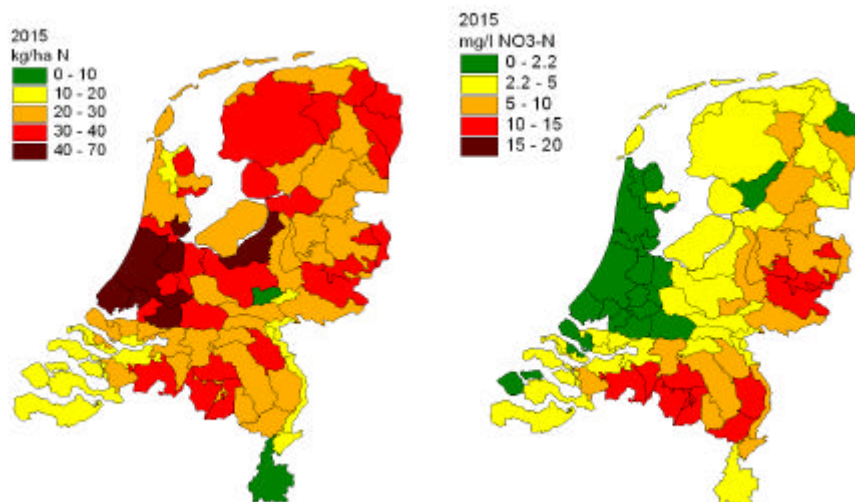
De STONE server voert alle opdrachten van de STONE GUI uit en bewaart alle data en alle scenario's. De server bepaalt welke deel van de modelketen uitgerekend moet worden. De rekentijd van een volledige STONE run van 45 jaar duurt ongeveer 14 uur op een Pentium IV, 1.4 Ghz. Het beheer van het STONE instrumentarium vindt plaats binnen het project 'Centraal beheer' bij het RIVM. 'Centraal beheer' ondersteunt Alterra, RIVM en RIZA bij het gebruik van STONE en lost mogelijke problemen met STONE op.



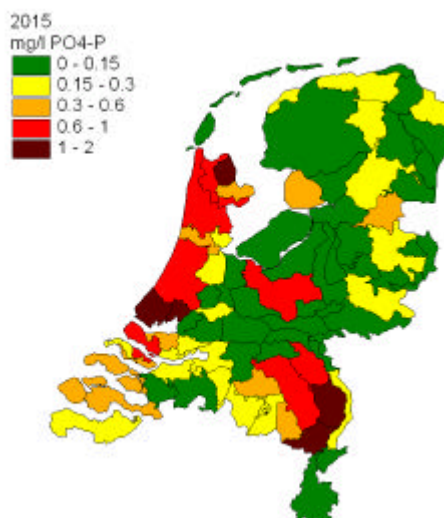


## Aanhangsel 2 Rekenresultaten van STONE

Afvoer van stikstof en fosfaat uit landbouwgronden naar oppervlaktewater-systemen in de toekomst (jaar 2015 bij toepassing van het beleid volgens de Integrale notitie mest- en ammoniakbeleid (LNV, 1995) ) :



Figuur 6. Totale afvoer van stikstof uit landbouwgronden naar oppervlaktewater-systemen, berekend met STONE voor het jaar 2015 (links) en de nitraat-stikstof concentratie in deze afvoer-flux (rechts) (Overbeek et al., 2001a).

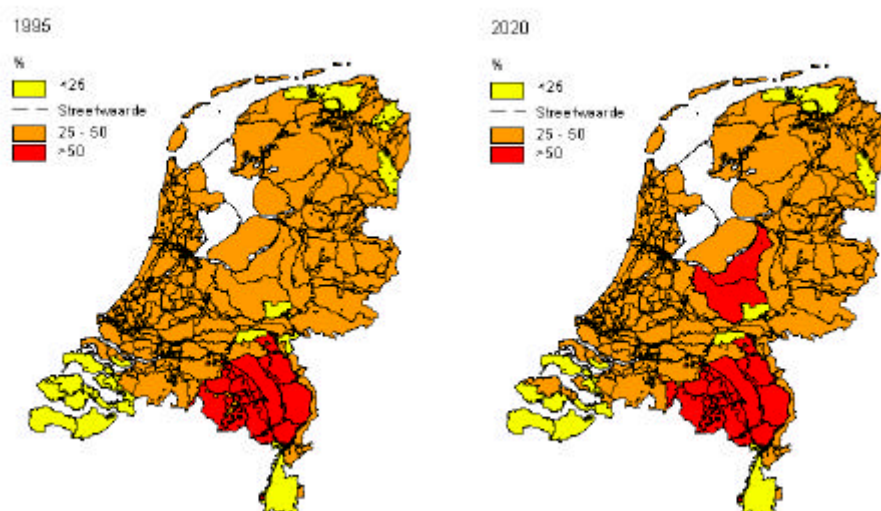


Figuur 7. Anorganische fosfaat-P concentratie in de afstroming uit landbouwgronden naar oppervlaktewater-systemen, berekend met STONE voor het jaar 2015 (Overbeek et al., 2001a).

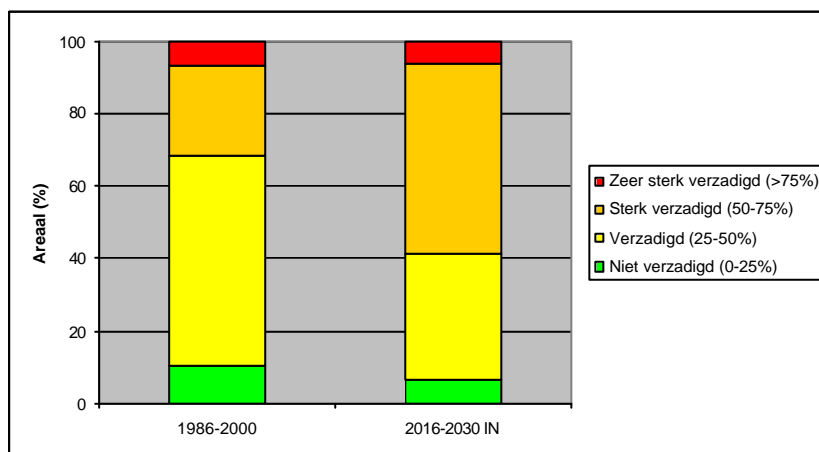
Merk op dat de richtwaarden voor eutrofiëringsgevoelig stagnerend water zijn: maximaal 2.2 mg totaal N/l en 0.15 mg totaal P/l. Voor wateren (bijv. kanalen) met meer doorstroming kunnen de concentraties hoger zijn. De concentraties in de

afstromingsfluxen zijn soms hoog vanwege hoge natuurlijke concentraties in het diepere grondwater (bijv. fosfaatconcentraties in West Nederland).

Fosfaatverzadiging van landbouwgronden in 1995 en in de toekomst (jaar 2020 bij toepassing van het beleid volgens de Integrale notitie mest en ammoniakbeleid (LNV, 1995)) :



Figuur 8. Procentuele fosfaatverzadiging van landbouwgronden, berekend met STONE voor het jaar 1995 (links) en 2020 (rechts) (Overbeek et al., 2001a).



Figuur 9. Fosfaatverzadiging van landbouwgronden in de zandgebieden van Zuid en Oost Nederland, berekend met STONE voor tijdsperioden rond het jaar 1995 en 2020 (Overbeek et al., 2001a).

Deze resultaten laten zien dat de mate van fosfaatverzadiging van landbouwgronden in 1995 hoog was. Deze fosfaatverzadiging zal in de toekomst nog verder toenemen, en met name op de zandgebieden in Oost en Zuid Nederland, ondanks de belangrijke afname van de bemesting bij toepassing van het beleid volgens de Integrale notitie mest en ammoniakbeleid (LNV, 1995).

### **Aanhangsel 3      Contactpersonen binnen STONE**

De samenstelling van de stuurgroep is als volgt:

dhr. M. Hofstra, RIZA, voorzitter\*

dhr. R. van den Berg, RIVM

dhr. O. Oenema, Alterra

Adviserende leden zijn: dhr. P.C.M. Boers (vz. Adviesgroep), dhr. R.P. Rötter (algemeen projectleider) en dhr. A.H.W. Beusen (technisch projectleider)

De samenstelling van de adviesgroep is als volgt:

dhr. P.C.M. Boers (voorzitter), dhr. T. Kroon (RIZA)

dhr. A.H.W. Beusen, J.J.M. van Grinsven, en G.B.J. Overbeek (RIVM)

dhr. R.P. Rötter, dhr. P. Groenendijk en dhr. C.W.J. Roest (Alterra)

dhr. H.G. van der Meer (Plant Research International).

Algemeen projectleider STONE is R.P. Rötter (Alterra)

Email: [r.p.roetter@alterra.wag-ur.nl](mailto:r.p.roetter@alterra.wag-ur.nl)

Technisch projectleider STONE is A.H.W. Beusen (RIVM)

Email: [arthur.beusen@rivm.nl](mailto:arthur.beusen@rivm.nl)

\* sinds oktober 2001



## **Aanhangsel 4 Lijst van verschenen rapporten in de Reeks Milieuplanbureau**

*De in de lijst vermelde rapporten zijn verkrijgbaar bij het uitgevende instituut*

- 1 Kruijne, R. en R.C.M. Merkelbach, 1977. Ontwikkeling van het prototype instrumentarium PEGASUS. Pesticide Emission to Groundwater And Surface WaterS. DLO-Staring Centrum, Wageningen (f 25,-).
- 2 Smit, A.A.M.F.R., F. van den Berg en M. Leistra, 1997. Estimation method for the volatilization of pesticides from fallow soil. DLO-Staring Centrum, Wageningen (f 25,-).
- 3 Kros, J., 1998 De modellering van de effecten van verzuring, vermisting en verdroging voor bossen en natuurterreinen ten behoeve van de milieubalans, milieuverkenning en natuurverkenning. DLO-Staring Centrum, Wageningen (f 25,-).
- 4 Smit, A.A.M.F.R. M. Leistra en F. van den Berg, 1998. Estimation method for the volatilization of pesticides from plants. DLO-Staring Centrum, Wageningen (f 25,-).
- 5 Leistra, M., 1998. Extent of photochemical transformation of pesticides on soil and plant surfaces. DLO-Staring Centrum, Wageningen (f 25,-).
- 6 Steenvoorden, J.H.A.M., W.J. Bruins, M.M. van Eerdt, M.W. Hoogeveen, N. Hoogervorst, J.F.M. Huijsmans, H. Leneman, H.G. van der Meer, G.J. Monteny en F.J. de Ruijter, 1999. Monitoring van nationale ammoniakemissies uit de landbouw, op weg naar een verbeterde rekenmethodiek. Dlo Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, (f 25,-).
- 7 Leneman, H., J.P.P.J. Welten en B.W. Zaalmink, 1999. Milieukosten gewasbescherming voor de land- en tuinbouw. Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag (f 22,-).
- 9 Massop, H.Th.L., P.J.T. van Bakel, W.J. de Lange, A. van der Giessen, M.J.H. Pastoors en J. Huygen, 2000. Hydrologie voor Stone; Schematische en Parametrisatie. Alterra, Wageningen (f 67,50).
- 10 Steenvoorden, J.H.A.M., J.J. Neeteson, J.G.A.M. Noij, C. van Bruchem en G.J. Monteny, 1999. Een doorkijk van het Nationaal Milieubeleidsplan 3 op het LNV-werkterrein. DLO-Staring Centrum, Wageningen (f 35,-).
- 11 Hoogeveen, M.W., 2000. Graslandgebruikssystemen in Nederland. Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag.
- 12 R.A. Smidt, M.F.R. Smit, F. van den Berg, J. Denneboom, J.C. van de Zande, H.J. Holterman en J.F.M. Huijsmans., 2000. Beschrijving van de emissie van bestrijdingsmiddelen naar de lucht bij bespuiting van bodem of gewas in ISBEST 3.0. (f 40,-).
- 13 Hoogeveen, M.W. en H. Leneman. 2001. Protocol berekening landelijk mestoverschot 2003. Landbouwkundig Economisch Instituut. (f ???).
- 14 Kros, J. en J.P. Mol, Historische pH en stikstofbeschikbaarheden in bossen en natuurterreinen (f32,-)

- 15 Staalduinen, L.C. van, H. van Zeijts, M.W. Hoogeveen, H.H. Luesink, T.C. van Leeuwen, H. Prins & J.G. Groenwold. In druk. Het landelijk mestoverschot 2003. Methodiek en berekening. (f ?)
- 16 Kroes, J.G., P.J.T. van Bakel, J. Huygen, T. Kroon, R. Pastoors, 2001. Actualisatie van de hydrologie voor STONE 2.0. Wageningen. Alterra. (f 40,-, €18,-).
- 17 Rötter, R., J.J.M. van Grinsven, P. Boers, A.H.W. Beusen & O. Oenema 2001. De status van het rekeninstrumentarium STONE versie 2.0. Alterra, Wageningen. (f 32,00 €15,-).