

32/uu6(538) 2^e ex.

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

**Naar een geïntegreerde berekening van nutriëntenstromen
op landbouwbedrijven en uitspoeling naar grond- en
oppervlaktewater**

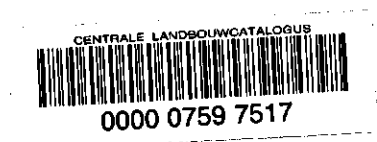
Integratie van STONE met het Stofstromenmodel

**I.G.A.M. Noij
A.H.J. van der Putten (AB-DLO)
J. Roelsma
J. Dijk (LEI-DLO)
H. Leneman (LEI-DLO)
C.W.J. Roest**

Rapport 538

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1997

22 AUG. 1997



LSn 942179 *

REFERAAT

Noij, I.G.A.M., A.H.J. van der Putten, J. Roelsma, J. Dijk, H. Leneman en C.W.J. Roest, 1997. *Naar een geïntegreerde berekening van nutriëntenstromen op landbouwbedrijven en uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater; integratie van STONE met het Stofstromenmodel*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 538. 88 blz.; 14 fig.; 13 tab.; 32 ref.; 2 aanh.

Om de uitspoeling van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater te schatten met het toekomstige uitspoelingsmodel STONE moeten de nutriëntenstromen op landbouwbedrijven worden beschreven. Het stofstromenmodel beschrijft de nutriëntenstromen op landbouwbedrijven en kan deze opschalen tot gemeenten of grotere gebieden. De beschrijving van de werking en samenstelling van dierlijke mest en de gewasreactie op water en nutriënten moeten conceptueel worden afgestemd. Voorbeeldberekeningen voor percelen, bedrijven en regio's tonen aan dat ANIMO, de voorloper van STONE, en het stofstromenmodel met dezelfde invoer kunnen rekenen. Uitvoer van het stofstromenmodel is geschikt te maken voor STONE. Directe koppeling van de modellen wordt afgeraden.

Trefwoorden: mestprobleem, milieubescherming, simulatiemodel

ISSN 0927-4499

©1997 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.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 DLO-Staring Centrum.

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Doel	12
1.3 Afbakening	12
1.4 Aanpak en opbouw rapport	14
2 Het model ANIMO	15
2.1 Organischestofkringloop	16
2.2 Stikstofkringloop	17
2.3 Fosforkringloop	19
2.4 Omgevingsfactoren	20
2.5 Transportprocessen	21
2.6 Uitvoer	22
3 Het Stofstromenmodel	25
3.1 Inleiding	25
3.2 Werkwijze berekeningen	26
4 Conceptuele vergelijking	33
4.1 Mineralisatie van dierlijke mest	33
4.2 Gewasreactie op nutriënten	35
4.3 Effect van begrazing op de grasproductie	38
4.4 Urineplekken	39
4.5 Opbouw en afbraak van organische stof	40
4.6 Fosfor	42
5 Informatiestromen en schematisatie	45
5.1 Inleiding	45
5.2 Huidige informatiestromen Stofstromenmodel	45
5.2.1 Invoer Stofstromenmodel	45
5.2.2 Uitvoer Stofstromenmodel	46
5.3 Huidige informatiestromen ANIMO	46
5.3.1 Invoer ANIMO	46
5.3.4 Uitvoer ANIMO	48
5.4 Knelpunten	48
5.4.1 Ruimtelijke schematisatie en bodemgebruik	48
5.4.2 Afstemming informatie rond vochthuishouding	50
5.4.3 Scenario's	51
6 Voorbeeldberekeningen	53
6.1 Aanpak	53
6.2 Graslandperceel	57
6.3 Snijmaïs	60

6.4 Bedrijf	63
6.5 Regio	64
6.5.1 Verschillende bemestingscijfers	65
6.5.2 Gelijke bemestingscijfers	67
6.6 Afzonderlijke bedrijven in de regio	69
6.7 Discussie	75
7 Conclusies en aanbevelingen	77
7.1 Conceptuele vergelijking	77
7.2 Informatiestromen en schematisatie	77
7.3 Voorbeeldberekeningen	78
Literatuur	81

Aanhangsels

1 Procedure voor de vertaling van uitvoer van het Stofstromenmodel naar invoer voor ANIMO	85
2 Bodemfysische eenheden uit de WSV-studie	87

Woord vooraf

Dit rapport is het resultaat van een samenwerkingsproject van AB-DLO, LEI-DLO en SC-DLO. Het project werd begin 1996 opgestart in het kader van DLO-programma 207, dat was gericht op de ontwikkeling van een instrumentarium voor milieu-beleidsanalyse. Inmiddels is dit programma opgegaan in DLO-programma 315: 'Kennisontwikkeling voor de Milieuplanbureau-functie'. De bijdrage van LEI-DLO viel onder het programma 129, gericht op de economische evaluatie van de emissie- en milieuproblematiek. Dit jaar zullen vervolgprojecten worden opgestart op basis van de aanbevelingen uit dit rapport.

Behalve door de auteurs is aan dit project bijgedragen door onze collega's Piet Groenendijk en Hendrik Boogaard van SC-DLO, en Eltje Boons-Prins van AB-DLO, waarvoor onze dank.

Wij hopen dat dit project zal bijdragen aan verbetering van het instrumentarium voor de onderbouwing van het mineralenbeleid en het waterbeheer.

Namens de auteurs

Gert-Jan Noij
(projectleider)

Samenvatting

Voor realistische inschattingen van de huidige en toekomstige uitspoeling van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater met het toekomstige Samen Te Ontwikkelen Nutriënten Emissiemodel (STONE) is een goede beschrijving van de nutriëntenstromen op landbouwbedrijven onontbeerlijk. Het Stofstromenmodel berekent voor elk landbouwbedrijf de nutriëntenstromen en -verliezen naar de omgeving en aggregeert de resultaten naar een hoger ruimtelijk niveau als gemeente of regio.

In deze voorstudie hebben we onderzocht hoe de beide modellen met elkaar kunnen worden geïntegreerd. Een directe koppeling van de modellen ligt niet voor de hand, omdat STONE een dynamisch model wordt met tijdstappen van één tot enkele dagen, en het Stofstromenmodel een beschrijvend model is dat rekent per jaar. Nadere conceptuele afstemming blijkt bovendien nodig bij de beschrijving van de werking en samenstelling van dierlijke mest, en de gewasreactie op water en nutriënten. Daarnaast verschillen beide modellen in de benodigde databestanden, de ruimtelijke schematisatie en de resultaten die worden gegenereerd. Voor het organiseren van de informatiestromen bevelen we daarom een gezamenlijke schematisatie aan. De gewasreactie op water kan op elkaar worden afgestemd door de uitvoer van het hydrologische model dat de berekeningen uitvoert voor STONE te benutten voor jaarspecifieke berekeningen met het Stofstromenmodel.

Omdat STONE op dit moment nog niet beschikbaar is, zijn de voorbeeldberekeningen uitgevoerd met het uitspoelingsmodel ANIMO, de voorloper van STONE. Uit de voorbeeldberekeningen voor de schaalniveaus perceel, bedrijf en regio blijkt dat het mogelijk is het Stofstromenmodel met dezelfde invoergegevens te voeden als ANIMO. Andersom blijkt het mogelijk uitvoer van het Stofstromenmodel als invoer voor ANIMO te gebruiken. Integratie van het Stofstromenmodel en ANIMO blijkt dus mogelijk. De hiervoor ontwikkelde procedure moet nog wel worden geformaliseerd. Verschillen in balanst termen zijn verklaarbaar en komen met enkele uitzonderingen voor een gemiddeld jaar goed overeen. De verdeling van de bodemverliezen over denitrificatie, ophoping, uitspoeling naar het grondwater en uitspoeling naar het oppervlaktewater is verschillend. De gewasopname wordt in ANIMO overschat. Verschillen in bemesting komen vooral op regioniveau tot uiting door de ijking van het Stofstromenmodel op praktijkcijfers en door de spreiding over bedrijven. In afwijkende jaren ontstaan grotere verschillen.

Ook wanneer beide modellen zelfstandig berekeningen uitvoeren en er uitsluitend sprake is van uitwisseling van gegevens kunnen de modellen elkaar versterken. Het Stofstromenmodel is sterker op het punt van (netto-)opname en productie en samenstelling van dierlijke mest, ANIMO is sterker in de verdeling van bodemverliezen en het jaar- en bodemeffect. Er blijkt een duidelijk verschil te bestaan tussen de berekende bemesting volgens het Stofstromenmodel en die volgens de thans beschikbare methodiek uit bijvoorbeeld de WaterSysteemVerkenningen (WSV; Boers et al., i.v.).

De meerwaarde van de bedrijfsbenadering van het Stofstromenmodel komt vooral tot uiting bij bedrijven die van het gemiddelde bedrijf in het bestudeerde gebied afwijken. Het gaat om een bedrijfsspecifieke inschatting van bemesting, beschikbare hoeveelheden drijf- en weidemest, gewasopname en verliesposten. De bedrijfsbenadering kan daarmee een belangrijke bijdrage leveren aan het weergeven van de spreiding van de (milieu)belasting over deelgebieden. Verder is er een meerwaarde van de toepassing van het Stofstromenmodel door de ijking van relevante bedrijfsparameters aan praktijkcijfers.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Voor de onderbouwing van het mineralenbeleid hebben de Ministeries van LNV en VROM behoefte aan een instrument waarmee de belasting van grond- en oppervlaktewater met nutriënten vanuit de landbouw kan worden berekend. Dit instrument moet kunnen worden ingezet voor de (ex-post) evaluatie van reeds gevoerd beleid en voor prognoses van toekomstig beleid (ex-ante evaluatie). In het kader van integraal waterbeleid is het instrument eveneens van belang voor het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (landelijk) en voor de Waterschappen (regionaal), omdat de uitspoeling vanuit landbouwgrond een belangrijke diffuse bron van nutriënten in het oppervlaktewater is. Grond- en oppervlaktewaterkwaliteit zijn in het kader van regionale planning ook van belang voor Provincies. De grondwaterkwaliteit verdient bovendien bijzondere aandacht van de Provincie als grondwaterbeheerder.

De betrokken overheden streven naar consensus over de aanpak van de berekening van de uitspoeling van nutriënten vanuit de landbouw om inhoudelijke discussie daarover bij het maatschappelijke afwegingsproces te voorkomen. SC-DLO, RIVM, RIZA en STOWA financieren daarom een Samen Te Ontwikkelen Nutriënten-Emissiemodel (STONE; Boers et al., 1996). Besloten is om voor de ontwikkeling van STONE uit te gaan van het uitspoelingsmodel ANIMO (hoofdstuk 2). In het kader van STONE is dit model aan een gevoeligheids- en onzekerheidsanalyse onderworpen (Groenenberg et al., i.v.). Helaas zijn de hydrologie en de verdeling van mest (wel de hoogte van de gift) niet integraal in deze analyse betrokken. In eerdere landelijke studies ten behoeve van de Derde Nota Waterhuishouding (Kroes et al., 1990) en de WaterSysteemVerkenningen (Boers et al., i.v.), en in regionale studies (bijvoorbeeld Hendriks et al., 1994; Van der Bolt et al., 1996) bleken bemesting en hydrologie namelijk van doorslaggevende invloed op de uitspoeling.

Het is daarom niet alleen van belang te streven naar consensus bij de berekening van de bodemprocessen die de uitspoeling bepalen, maar ook bij de berekening van de hydrologie en de verdeling van mest. Dit rapport gaat verder in op de verdeling van mest. We onderzoeken de mogelijkheid om in de toekomst het Stofstromenmodel (Leneman et al., i.v.) in te zetten voor berekening van de belasting van landbouwgronden met nutriënten. Belangrijk voordeel van deze benadering is dat het Stofstromenmodel een bedrijfsmodel bevat. Dit bedrijfsmodel zorgt ervoor dat aannames in rekenvarianten consistent doorwerken in de nutriëntenkringloop van bedrijven. Het bedrijfsniveau is bij uitstek het niveau waarop in de landbouw de beslissingen genomen worden die de nutriëntenkringloop bepalen. Daarnaast is het met het Stofstromenmodel mogelijk om te ijken aan landbouwstatistieken (verleden) en om aan te sluiten bij economische modellen (toekomst).

Het Stofstromenmodel is inmiddels voor geheel Nederland operationeel. Vergeleken met andere modellen voor verdeling van meststoffen, zoals de Mest- en ammoniakmodellen (Oudendag, 1993 en Luesink, 1993) en APPROXI (Hennen, 1995) van LEI-

DLO, en CLEAN (Mooren en Hoogervorst, 1993) van RIVM biedt het Stofstromen-model door de integrale benadering van nutriëntenstromen op bedrijfsniveau inhoudelijk de meest directe aansluiting op STONE. Voor de integratie van STONE met de alternatieve modellen zullen vergelijkbare of grotere problemen moeten worden overwonnen. Daarom is deze studie ook daarvoor van belang.

1.2 Doel

Het doel van deze studie is om na te gaan of het mogelijk is om de berekening van nutriëntenstromen op landbouwbedrijven volgens het Stofstromenmodel te integreren met de berekening van de uitspoeling van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater volgens STONE. De studie bevat een analyse van conceptuele en informatietechnische knelpunten en mogelijke oplossingen, en behandelt de resultaten van een aantal voorbeeldberekeningen met de afzonderlijke modellen en met de combinatie van beide modellen.

1.3 Afbakening

Het toepassingsgebied van het te ontwikkelen instrument is het landbouwgebied van Nederland. Landbouw omvat vrijwel alle sectoren (niet tuinbouw onder glas). Het instrument beschouwt primair de emissie van fosfaat en stikstof naar de bodem en naar het grond- en oppervlaktewater. Ook de accumulatie in de bodem en de emissie van ammoniak naar de lucht worden berekend. Accumulatie is zowel van belang voor bodembeheer als voor het beschrijven van naitleffecten in de uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Emissie van ammoniak naar de lucht is hier een tussenresultaat bij de berekening van bodembelasting, overschot en uitspoeling. Met emissie naar het oppervlaktewater bedoelen we de uitspoeling naar het oppervlaktewater exclusief de processen die in het oppervlaktewater en de waterbodem zelf optreden. De systeemgrens ligt dus vóór de slootbodem (fig. 1).

De rekeneenheid voor het Stofstromenmodel is het landbouwbedrijf. Er kan worden opgeschaald tot een groep van landbouwbedrijven. De systeemgrens van het model ligt bij de bovenkant van de gewassen en bedrijfsgebouwen (ammoniakemissie) en bij de onderkant van de wortelzone (uitspoeling). In het geïntegreerde instrument blijft de bovengrens zoals in het Stofstromenmodel. De ondergrens wordt net als in STONE bepaald door de hydrologie en de schaal (schematisatie) en komt bij voorkeur te liggen op de overgang van de lokale naar de regionale hydrologische component (hoofdstuk 2). De horizontale begrenzing verschuift van het bedrijfsniveau naar de rekeneenheid van het geïntegreerde instrument (plot). In de meest recente landelijke studie (Boers et al., 1997) was een plot gemiddeld 750 ha.

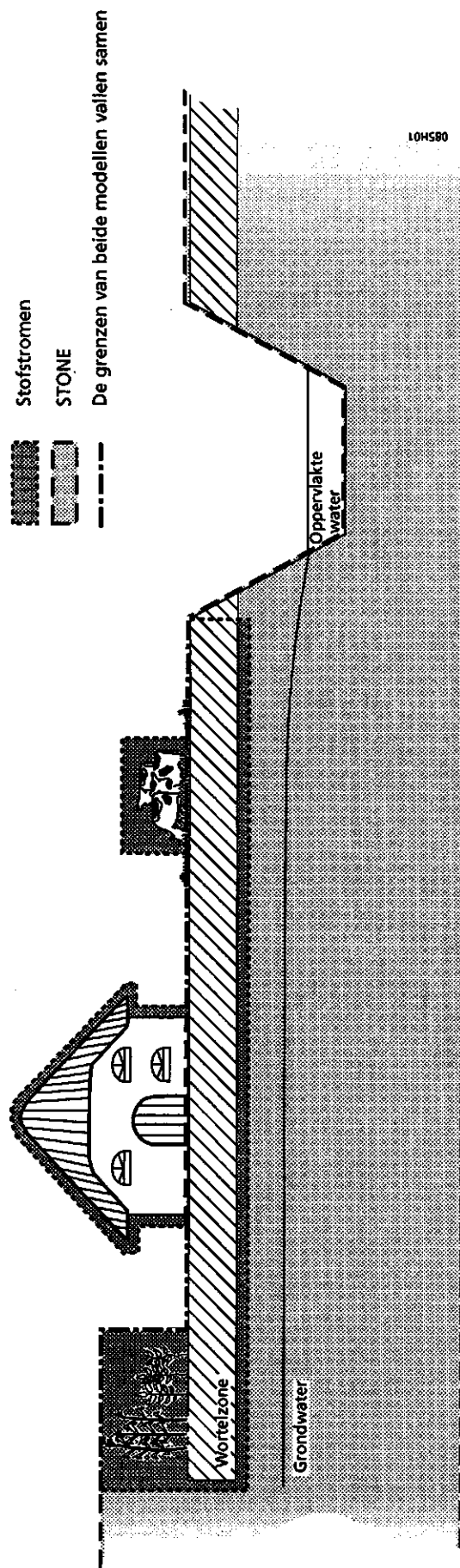


Fig. 1 Systeengrenzen van het Stoffstromenmodel en STONE

In het geïntegreerde instrument beschouwen we stikstof en fosfaat, onderverdeeld in organisch en anorganisch, en voor stikstof verder opgedeeld in ammonium en nitraat. Berekend worden N- en P-concentraties in uitspoelend water (naar grond- en oppervlaktewater), en N- en P-vrachten naar grond- en oppervlaktewater.

1.4 Aanpak en opbouw rapport

In de hoofdstukken 2 en 3 geven we een beknopte beschrijving van de bestudeerde en gebruikte modellen. We gaan in deze studie uit van ANIMO (hoofdstuk 2), de voorloper van, en het uitgangspunt voor STONE. Zodra er een eerste operationele versie van STONE beschikbaar is kan deze in de plaats van ANIMO gebruikt worden voor de analyses die hier zijn uitgevoerd of worden aanbevolen. Hoofdstuk 3 beschrijft het Stofstromenmodel. Omdat afzonderlijke analyses met de bedrijfsmodule uit dit model lastig zijn voor dit project, is met het volledig vergelijkbare bedrijfsmodel FARM-MIN (Van der Putten en Van der Meer, 1994) gerekend. Hoofdstuk 4 richt zich op de conceptuele vergelijking van de twee modellen. We beperken ons tot de knelpunten die we bij integratie verwachten en de mogelijke oplossingen. Dit geldt ook voor hoofdstuk 5 waar we ingaan op de knelpunten die we verwachten bij het organiseren van de informatiestromen van een geïntegreerd instrument. In hoofdstuk 6 bespreken we een serie voorbeeldberekeningen die we met ANIMO en het Stofstromenmodel hebben uitgevoerd op perceels-, bedrijfs-, en regionaal niveau. Ten slotte trekken we conclusies en geven we aanbevelingen voor het vervolg op weg naar een geïntegreerd instrument.

2 Het model ANIMO

In het model ANIMO (Agricultural Nitrogen MOdel) worden de belangrijkste processen die een rol spelen in de stikstof-, de fosfor- en de koolstofkringloop in de bodem kwantitatief beschreven.

De eerste versie van het model is ontwikkeld in 1985 door Berghuijs-van Dijk et al. (1985). Het model bevatte aanvankelijk alleen een beschrijving van de organischestof- en stikstofkringloop in de bodem. In 1989 is het model uitgebreid met een beschrijving van de fosfaatkringloop. Doel van het model is de uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater te berekenen van stikstof- en fosforcomponenten onder verschillende bodemkundige, hydrologische en landbouwkundige omstandigheden. Het model bevat in tegenstelling tot veel andere uitspoelingsmodellen geen hydrologische module. Voor de toepassing van ANIMO zijn hydrologische gegevens nodig die door een extern waterkwantiteitsmodel worden berekend. Het model heeft opties voor de koppeling aan (agro-)hydrologische perceelsmodellen zoals SWATRE (Belmans et al., 1983; Feddes et al., 1978) en regionale grondwaterstromingsmodellen zoals SIMGRO (Querner en Van Bakel, 1989). De waterbalansgegevens worden per tijdstap voor het perceel of per subgebied en per grondgebruiksvorm ingelezen.

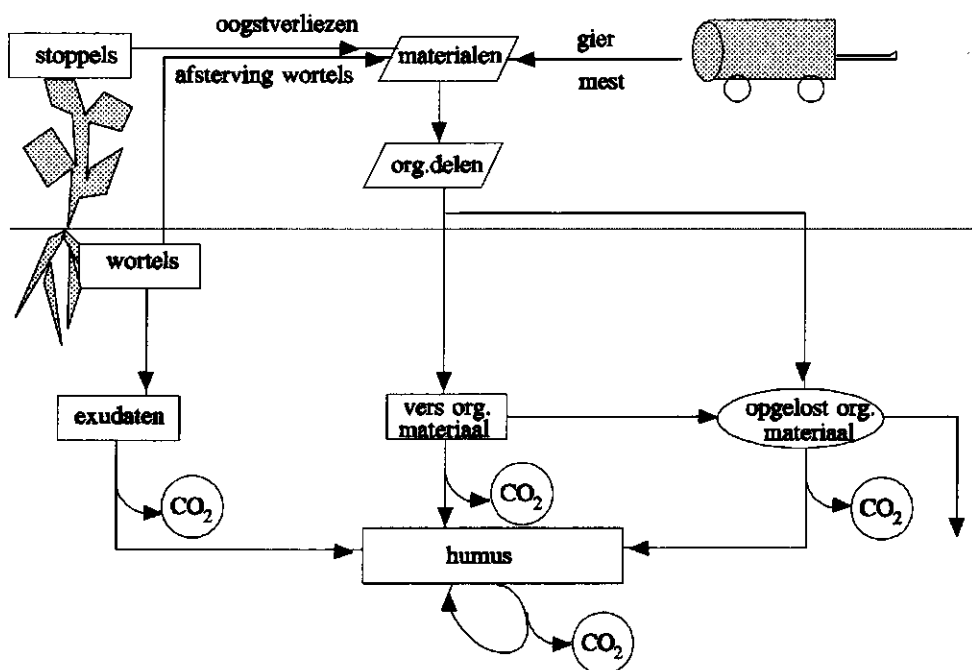


Fig. 2 De koolstofcyclus in ANIMO

2.1 Organischestofkringloop

In de koolstofcyclus zijn de volgende processen beschreven (fig. 2):

- Toediening van verschillende soorten organisch materiaal aan de bodem zoals vaste mest, drijfmest, planteresten, stro. Een gedeelte van de mest en drijfmest bestaat uit opgeloste organische stof (DOC).
- De uitscheiding van wortellexudaten en afsterving van haarwortels, behalve bij gras.
- De afsterving van wortels bij gras.
- De afbraak van toegediend of nieuw gevormd organische materiaal. Bij de degradatie worden de kleinere moleculen mobiel en kunnen als DOC met de waterstroom door het bodemprofiel worden verplaatst.
- De omzetting van de afgescheiden wortellexudaten/haarwortels, het toegediende verse materiaal en het opgeloste organische koolstof naar humus.
- De 'turn-over' van de humus.

Om een breed scala aan landbouwkundige situaties door te kunnen rekenen is de samenstelling van verschillende verse organische materialen zo gedefinieerd dat uiteenlopende eigenschappen beschreven kunnen worden. Materialen kunnen verschillen in de gewichtsfractie aan organische delen, het gehalte aan DOC dat met het materiaal wordt toegediend, de afbraak-karakteristiek en het N- en P-gehalte van het organische deel. Het heterogene karakter van het materiaal, en het verschijnsel dat de relatieve afbraaksnelheid afneemt in de tijd, kan tot uitdrukking worden gebracht door twee of meer fracties te definiëren. Per fractie wordt de afbraak beschreven volgens een eerste orde omzettingsproces. De parametrisatie van de afbraak-karakteristiek kan in principe worden afgeleid uit afbraak-experimenten van bijv. Kolenbrander (1969) of uit een organischestofmodel dat rekening houdt met de afname van de relatieve afbraaksnelheid.

In ANIMO wordt geen onderscheid gemaakt tussen levende biomassa en humus, maar wordt uitgegaan van een gecombineerde humus-biomassa-'pool'. Deze 'pool' is onderhevig aan een interne turn-over waarbij een gedeelte van de organische stof dissimileert.

ANIMO onderscheidt een opgeloste organischestoffractie. Dit opgeloste organische materiaal wordt relatief snel afgebroken. In situaties met een grote toevoer van DOC met drijfmest, waarin deze afbraak wordt geremd door onvoldoende aëratie van het bodemprofiel bij ondiepe grondwaterspiegels, kan de afvoer van opgelost organisch materiaal naar het oppervlaktewater aanzienlijk zijn.

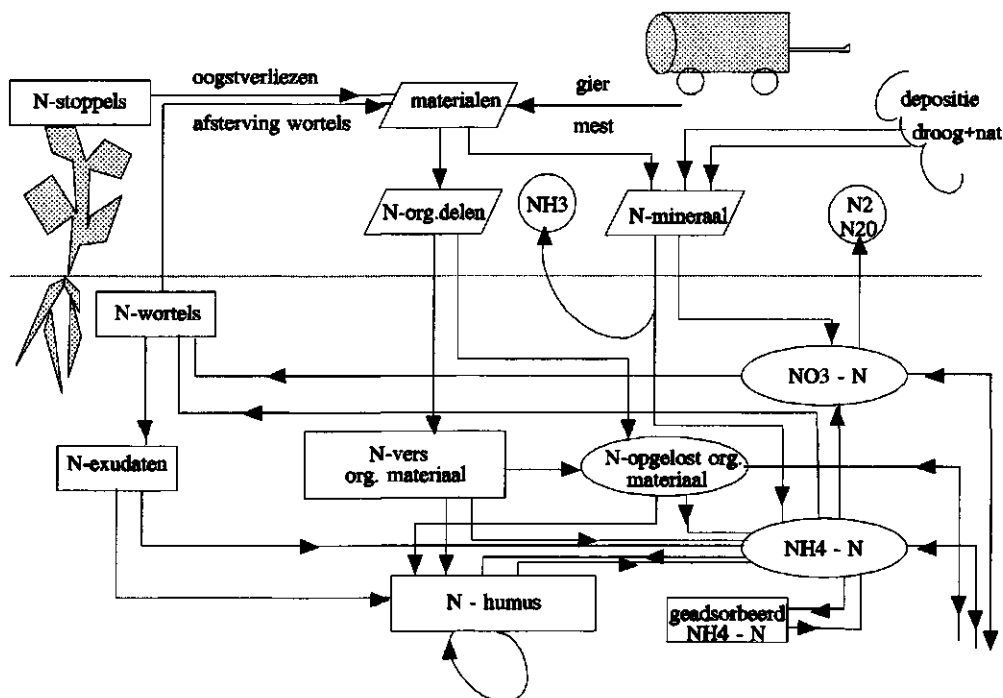


Fig. 3 De stikstofcyclus in ANIMO

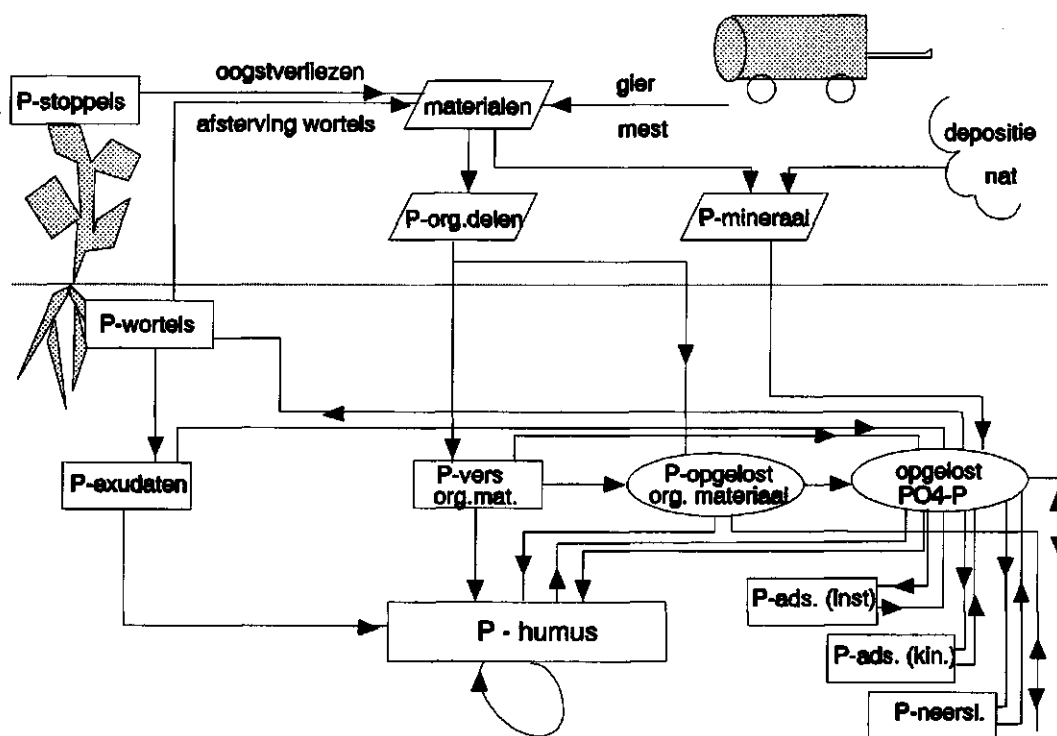
2.2 Stikstofkringloop

De stikstofcyclus is schematisch weergegeven in figuur 3.

In de stikstofkringloop zijn de volgende processen beschreven:

- Toediening van organisch stikstof met verschillende soorten organisch materiaal aan de bodem zoals vaste mest, drijfmest, planteresten, stro. Een gedeelte van de mest en drijfmest bestaat uit opgelost organisch stikstof.
- De uitscheiding van organisch stikstof in wortellexudaten en afsterving van haarwortels behalve bij gras.
- De toediening van organisch stikstof aan de bodem door afsterving van wortels bij gras.
- De mineralisatie en immobilisatie van stikstof als gevolg van de afbraak van vers organisch materiaal, wortellexudaten, haarwortels en opgelost organisch materiaal en de vorming van humus/biomassa.
- De mineralisatie van stikstof als gevolg van de dissimilatie van de humus.
- De aanvoer van mineraal stikstof bij de toediening van mest, kunstmest en andere materialen, alsmede door de droge en de natte depositie uit de atmosfeer.
- De vervluchtiging van een gedeelte van het toegediende ammonium.
- De adsorptie van ammonium aan de vaste bodemfase.
- De nitrificatie van ammonium in aanwezigheid van voldoende zuurstof.
- De denitrificatie van nitraat onder gedeeltelijk en volledig anaërobe omstandigheden.
- De opname van ammonium en nitraat door het gewas.

De relatieve mineralisatiesnelheid hangt af van de C/N-verhouding in het verse materiaal, de C/N-verhouding in de te vormen humus/biomassa en de assimilatie/dissimilatieverhouding. Nitrificatie is in het algemeen een snel proces. Op zandgronden bevindt het overgrote deel van mineraal stikstof zich in de nitraatvorm. In klei- en veengronden neemt ammonium een belangrijker deel in. Vervluchtiging is in het model bijzonder simpel gedefinieerd als een fractie van de toegediende hoeveelheid ammonium. Adsorptie van ammonium is geformuleerd als een lineair proces, er vanuit gaande dat ammonium in de totale kationsamenstelling relatief onbelangrijk is. In landbouwgronden vormt de gewasopname een belangrijk deel van de totale hoeveelheid mineraalstikstof die jaarlijks in omloop is. Het model bevat een module voor de berekening van de gewasopname. Stikstof kan worden opgenomen met de transpiratiestroom. Indien de behoefte van de plant groter is dan alleen met de waterstroom zou worden opgenomen vindt actieve opname plaats. De snelheid van actieve opname is afhankelijk van de behoefte van de plant en het mineraal stikstofgehalte van de bodem. Indien het verschil tussen behoefte van de plant en gerealiseerde opname groter is dan een bepaalde drempelwaarde, ondervindt de plant schade. Deze schade kan later in het groeiseizoen niet meer worden gecompenseerd.



18

2.3 Fosforkringloop

De beschrijving van de fosforcyclus bevat de volgende onderdelen:

- Toediening van organisch fosfor met verschillende soorten organisch materiaal aan de bodem zoals vaste mest, drijfmest, plantenresten, stro, etc. Een gedeelte van de mest en drijfmest bestaat uit opgelost organisch fosfor.
- De uitscheiding van organisch fosfor in wortellexudaten en afsterving van haarwortels, behalve bij gras.
- De toediening van organisch fosfor aan de bodem door afsterving van wortels bij gras.
- De mineralisatie en immobilisatie van fosfor als gevolg van de afbraak van vers organisch materiaal, wortellexudaten, haarwortels en opgelost organisch materiaal en de vorming van humus/biomassa.
- De mineralisatie van fosfor als gevolg van de dissimilatie van de humus.
- De aanvoer van mineraal fosfor bij de toediening van mest, kunstmest en andere materialen, alsmede door de natte depositie uit de atmosfeer.
- De adsorptie van fosfaat aan de vaste bodemfase. Een gedeelte van het fosfaat wordt reversibel gebonden. Bij lage fosfaatgehalten kan dit gedeelte weer gemakkelijk vrijkomen. Dit is in het model beschreven met een evenwichtsvergelijking. Een ander gedeelte wordt 'irreversibel' gebonden aan de bodem. Deze irreversibele binding. Dit is beschreven met een kinetisch proces. De adsorptie geschiedt veel sneller dan de desorptie. Echter, voor lange termijn berekeningen met relatief hoge fosfaatgehalten in de bodem en lage mestgiftten in de toekomst kan de desorptiesnelheid van belang zijn voor de hoogte van de uitspoelconcentratie.
- De neerslag van fosfaat in de vorm van fosfaatzouten bij overschrijding van een grensconcentratie. Deze grenswaarde is afhankelijk van de pH van de bodem.
- De opname van fosfaat door het gewas.

De fosforkringloop is schematisch weergegeven in figuur 4.

Evenals bij stikstof loop het organische deel van de stikstofkringloop grotendeels parallel aan de organischestofcyclus. Bij de definitie van de materialen wordt per fractie een stikstofgehalte opgegeven. De relatieve mineralisatiesnelheid hangt af van de C/P-verhouding in het verse materiaal, de C/P-verhouding in de te vormen humus/biomassa en de assimilatie/dissimilatie-verhouding. Reversibele sorptie van fosfaat wordt beschreven met een Langmuir-curve. Deze curve wordt gekenmerkt door een maximum niveau. Irreversibele sorptie wordt in het model doorgaans beschreven met een 3 parallelle 'sorptie-pools'. In de steady-state situatie zou de hoeveelheid geadsorbeerd in elk van de pools te beschrijven zijn met een Freundlich-vergelijking. Iedere sorptie-pool wordt gekenmerkt door een eigen snelheidsconstante voor adsorptie en desorptie en coëfficiënten voor de Freundlich-vergelijking.

Ook bij fosfor vormt de gewasopname een belangrijk deel van de totale hoeveelheid mobiele mineraal fosfaat die jaarlijks in omloop is. Echter, door de genoemde adsorptieprocessen is de totale voorraad mineraal fosfaat is veel groter, en daarmee wordt de invloed van de gewasopname op de uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater sterk gebufferd. Het model bevat een module voor de berekening van de gewasopname. Fosfaat kan worden opgenomen met de transpiratiestroom. Indien de

behoefte van de plant groter is dan alleen met de waterstroom zou worden opgenomen vindt actieve opname plaats. Als door stikstofgebrek de opname achterblijft bij de potentiële opname wordt ook de opname van fosfaat gereduceerd.

2.4 Omgevingsfactoren

De omzettingen in de 3 kringlopen zijn voornamelijk gemodelleerd als eerste-orde-processen. De snelheidsconstanten worden gecorrigeerd voor de omgevingsfactoren temperatuur, vocht, pH en anaërobie. De factoren voor temperatuur, vocht en pH zijn in het model onafhankelijk van de omzettingen in de genoemde kringlopen. De factor voor anaërobie hangt echter wel af van de aanwezigheid van ammonium en de organische stofomzettingen.

- De invloed van de temperatuur op de processnelheid wordt beschreven met een Arrhenius vergelijking. Met deze formule wordt een correctiefactor voor de snelheidsconstante berekend t.o.v. de referentiewaarde bij de gemiddelde jaar temperatuur.
- Onder droge omstandigheden, bij pF 3,2 en hoger, wordt de processnelheid gereduceerd omdat de microbiologische populatie te lijden heeft onder droogtestress. Bij pF-waarde groter dan 4,2 bedraagt de reductiefactor 0,2. De correctiefactor wordt tussen pF 3,2 en pF 4,2 berekend als een lineaire relatie van de berekende drukhoogte.
- De correctiefactor voor pH is geformuleerd als een sigmoïde curve, met een half waarde bij pH 5. Bij pH 4 bedraagt de reductiefactor 7,5% en bij pH 6 is de factor 92,5% van de optimumwaarde.
- De factor voor anaërobie wordt berekend in de aëratiemodule. In het model kunnen in het luchtgevulde gedeelte van de bodem verschillende vormen van anaërobie optreden: tijdelijke anaërobie in de wortelzone als gevolg van tijdelijke verzadiging bij intensieve regenval, gedeeltelijke anaërobie in situaties waarin de zuurstofvraag groter is dan de aanvoermogelijkheid in de bodemluchtfase en gehele anaërobie in de zone boven de grondwaterpiegel als de potentiële zuurstofconsumptie in de bovenliggende lagen groter is dan de aanvoercapaciteit in de gasfase. Voor de berekening van de tijdelijke anaërobie wordt de neerslagintensiteit vergeleken met de verzadigde doorlatendheid van de wortelzone. Voor de berekening van de partiële anaërobie wordt gebruik gemaakt van een radiaal diffusiemodel voor een enkel-poriesysteem, gecombineerd met de aanname van de stochastische verdeling (geometrisch) van luchtgevulde bodemporiën. Het resultaat van deze benadering is een anaërobie-factor die afhankelijk is van de bodemvochttoestand, de potentiële zuurstofconsumptie en de zuurstofconcentratie in de bodemlucht. De grenslaag waar volledige anaërobie begint volgt uit de berekening van verticale zuurstofdiffusie in de luchtgevulde poriën. In het verzadigde deel van de bodem is de O_2 -concentratie 0.

De reductiefactoren voor omgevingsinvloeden worden met elkaar vermenigvuldigd. Dit resulteert in één 'overall' reductiefactor voor de processnelheid. De vochtreductie en de reductie voor anaërobie sluiten elkaar doorgaans uit: vochtreductie treedt alleen op onder droge omstandigheden en anaërobie alleen onder natte omstandigheden.

Het model bevat geen voorziening voor de simulatie van organischestofomzettingen onder zuurstofloze en nitraatloze omstandigheden.

2.5 Transportprocessen

Het bodemprofiel, waardoor als gevolg van waterstroming transport plaatsvindt van verschillende opgeloste stoffen, wordt als een één-dimensionaal systeem in beschouwing genomen. Hierbij is het bodemprofiel in horizontale lagen geschematiseerd, waaruit via horizontale uitstroming de verdamping en de afvoer naar de drainagemiddelen wordt gesimuleerd (fig. 5). De bovenste lagen voeren overtollig water af naar de greppels (vierde orde) en perceelssloten (derde orde) en de lagere bodemlagen naar de afvoerkanalen (tweede orde). In de onderste laag treedt verticale kwel of wegzijging van of naar de aquifer op (eerste orde). Tevens vindt er verticaal transport van laag naar laag plaats. In de hydrologische schematisatie wordt ervan uitgegaan dat een kanaal tevens als sloot en greppel functioneert. Een sloot functioneert ook als greppel.

De laagindeling geschiedt op grond van de bodemfysische en -chemische eigenschappen van de verschillende bodemhorizonten. De horizonten waarin de belangrijkste veranderingen in de stikstof- en fosforhuishouding plaatsvinden (meestal de bovenste horizonten) worden in meerdere en dus dunnere lagen onderverdeeld. Naast afvoer naar ontwateringsmiddelen kan het model afspoeling van oppervlakkig toegediende meststoffen over het bodemoppervlak simuleren.

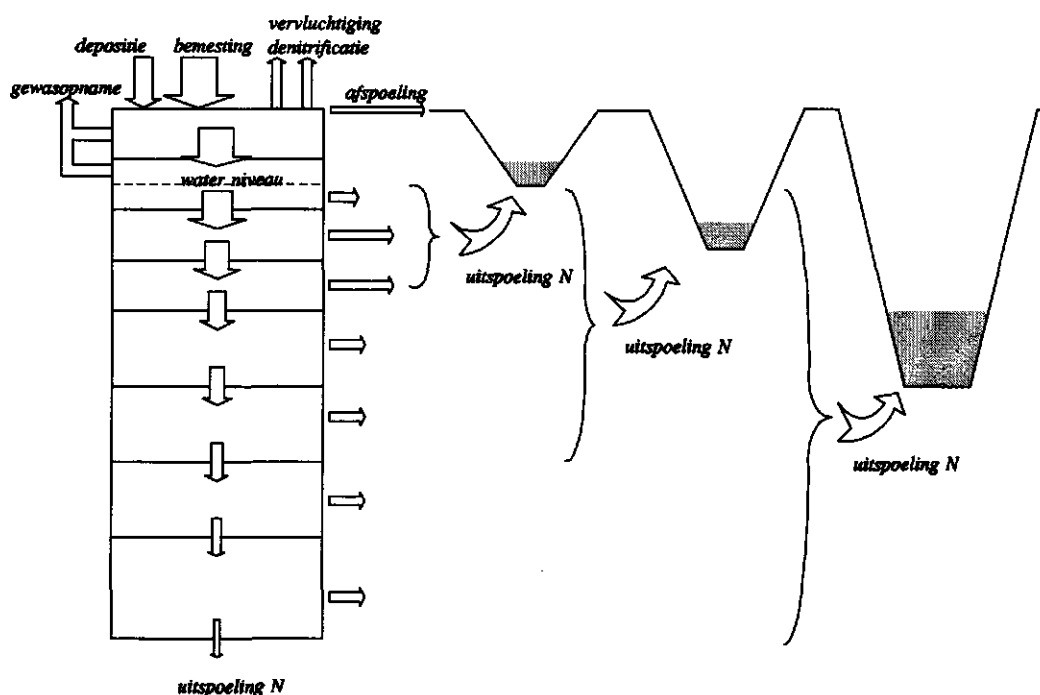


Fig. 5 Stoftransport en waterafvoer naar verschillende ontwateringsmiddelen

Per laag en per tijdstap worden een volledige water- en stoffenbalans en de daarbij optredende omzettingsprocessen berekend. Organische stof in oplossing, minerale stikstof (in de vorm van ammonium en nitraat) en minerale fosfor (in de vorm van fosfaat) worden met de waterfluxen van en naar de verschillende lagen en drainage-middelen getransporteerd. Bij de berekeningen is aangenomen dat in elke laag volledige menging optreedt. De transportvergelijking wordt voor elke tijdstap op analytische wijze opgelost. Hierdoor is de wiskundige oplossing altijd stabiel. Indien de tijdstap niet te groot wordt gekozen is de ruimtelijke laagindeling de voornaamste bron van mathematische dispersie. Deze bron van dispersie kan worden gecontroleerd door de laagindeling af te stemmen op de verwachte of geschatte dispersielengte.

2.6 Uitvoer

Tabel 1 geeft een voorbeeld van uitvoer van ANIMO in de vorm van een N- en P-balans. We hebben hier in verband met de vergelijking met het Stofstromenmodel gekozen voor balansen van de wortelzone, in plaats van diepere profielen, zoals gebruikelijk. We gebruiken in dit rapport veelal dit type balansen voor de presentatie van resultaten van ANIMO.

Tabel 1a Voorbeeld van een N-balans voor de wortelzone van grasland op zandgrond (kg.ha⁻¹) voor een willekeurig voorbeeldgebied zoals berekend door ANIMO

Input	Org-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Output	Org-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N
Deposition				Runoff	1	3	3
wet	0	15	7	Volatilization		40	
dry		15	7	Denitrification			181
Additions	245	370	111				
Crop residues	100	0	67	Crop uptake		172	389
Exudates	0						
Mineralization		331		Mineralization	332		
Immobilization	0			Immobilization		0	
Nitrification			541	Nitrification		541	
Infiltration from:				Drainage to:			
trenches	0	0	0	trenches	0	0	0
ditches	0	0	0	ditches	1	1	15
canals	0	0	0	canals	0	0	0
Upward flux	3	1	68	Downward flux	17	8	306
Total	348	732	801	Total	351	765	894
Storage in solution (+ = increase)					-1	-2	-93
Storage as solid or at complex (+ = increase)					-2	-28	
Balance deviation					0	3 ¹	0

¹ als gevolg van afronding

Tabel 1b Voorbeeld van een P-balans voor de wortelzone van grasland op zandgrond (kg.ha⁻¹) voor een willekeurig voorbeeldgebied zoals berekend door ANIMO

Input	Org-P	PO ₄ -P	Output	Org-P	PO ₄ -P
Deposition			Runoff	0,0	0,3
wet	0,0	0,7			
Additions	21,5	84,4			
Crop residue	16,4	0,0	Crop uptake		65,0
Exudates	0,0				
Mineralization		35,4	Mineralization	35,4	
Immobilization	0,0		Immobilization		0,0
Infiltration from:			Drainage to:		
trenches	0,0	0,0	trenches	0,0	0,0
ditches	0,0	0,0	ditches	0,1	0,9
canals	0,0	0,0	canals	0,0	0,0
Upward flux	0,3	0,3	Downward flux	1,8	1,9
Total	38,2	120,8	Total	37,3	68,1
Storage in solution (+ = increase)				-0,1	-0,5
Storage as solid or at complex (+ = increase)				0,9	53,3
Storage as precipitated P (+ = increase)				0,0	
Balance deviation				0,1 ¹	-0,1 ¹

¹ als gevolg van afronding

3 Het Stofstromenmodel

3.1 Inleiding

Het beleid van de Nederlandse overheid om nutriëntenverliezen vanuit de landbouw terug te dringen, richt zich op steeds meer onderdelen van de nutriëntenkringloop op landbouwbedrijven. Hierbij wordt de generieke, fysieke regelgeving uit het verleden geleidelijk verruild voor een meer integrale bedrijfsbenadering, waarbij het verschil tussen aan- en afvoer van nutriënten op bedrijfsniveau aan een maximum per hectare wordt gebonden.

Het Stofstromenmodel is ontwikkeld voor het monitoren, analyseren en evalueren van de huidige situatie en voorgenomen beleid met betrekking tot nutriëntenemissies vanuit de landbouw. Vanwege de verschillen tussen bedrijven in bedrijfsvoering en in hun reactie op beleidsmaatregelen en prijswijzigingen, is daarbij gekozen voor een benadering waarbij de variatie tussen bedrijven – en daarmee tussen verschillende ruimtelijke eenheden – wordt onderkend en zoveel mogelijk wordt meegenomen.

Informatie uit verschillende databestanden wordt verwerkt tot invoer voor het bedrijfsmodel (fig. 6). De procedure die gevolgd wordt voor de berekening van de stofstromen van een bedrijf is weergegeven in figuur 8. Hiermee worden op het niveau van individuele bedrijven (melkveehouderij, akkerbouw, intensieve veehouderij, vollegrondsgroenten) emissies en economische prestaties gekwantificeerd. De bedrijfsuitkomsten worden vervolgens toegekend aan een grid van 500 * 500 m².

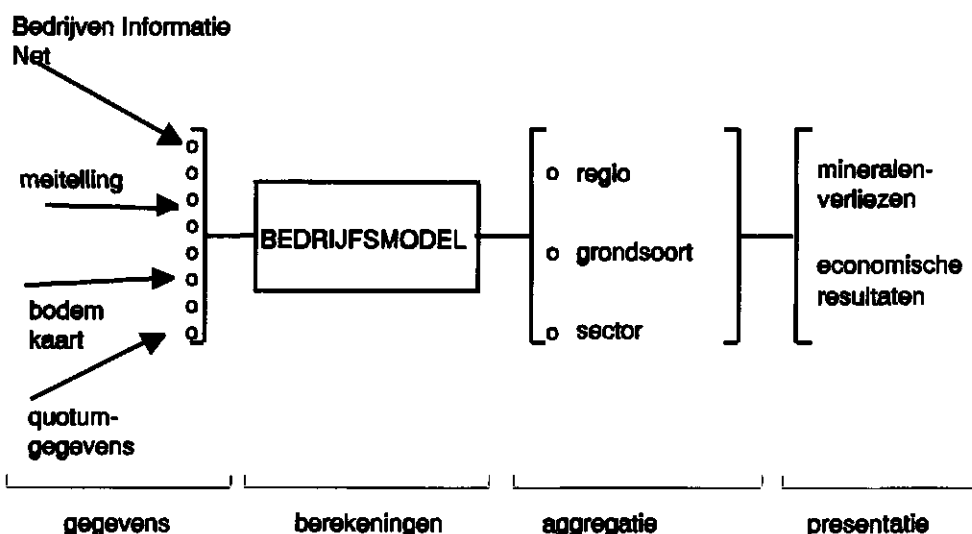


Fig. 6 Schematisch overzicht van de opbouw van het Stofstromenmodel

Gezien de aard van de problematiek is immers niet alleen de aard en omvang van emissies op regionaal of nationaal niveau van belang, maar ook de ruimtelijke spreiding (regionale milieudruk, regionaal beleid, verplaatsing van bedrijven). Tevens biedt deze opzet de mogelijkheid om bedrijfsaanpassingen te beoordelen op hun milieukundige en economische effecten waarbij ook de invloed van de 'omgeving' waarin de bedrijven functioneren (ruwvoermarkt, mogelijkheden voor mestafzet) kan worden betrokken.

Met het Stofstromenmodel kunnen de milieutechnische en economische gevolgen van voorgenomen beleidsmaatregelen en scenario's worden doorgerekend. Bij de formulering van de scenario's wordt gepoogd zoveel mogelijk rekening te houden met de algemene en autonome ontwikkelingen van de landbouwstructuur en -productie. De reactie van verschillende bedrijven op het voorgenomen beleid in de vorm van wijzigingen in de bedrijfsvoering wordt ingeschat op basis van de huidige kennis, inzichten en visies op de toekomst (bijvoorbeeld De Groot et al., 1994).

3.2 Werkwijze berekeningen

Voorlopige normatieve mestproductie

Met de omvang en samenstelling van de veestapel en standaard mestproductienormen wordt de *voorlopige normatieve mestproductie* per diergroep en voor het gehele bedrijf berekend. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de hoeveelheid mest die in de weide en de hoeveelheid die in de stal terecht komt.

Voorlopige mesttoediening

In het onderdeel *voorlopige mesttoediening* wordt op basis van het bouwplan en de wettelijke bemestingsnormen berekend hoeveel van de voorlopige mestproductie op het eigen bedrijf kan worden aangewend. Als er een keuze kan worden gemaakt uit natte of droge mest dan wordt eerst zoveel mogelijk natte mest op het eigen bedrijf aangewend om watertransport te beperken. Op het eigen bedrijf wordt dus eerst runderdrijfmest gebruikt, vervolgens varkensmest en tenslotte pluimveemest.

Bij een overschot van dierlijke mest wordt mest afgevoerd, bij een tekort kan dierlijke mest van buiten het bedrijf worden aangevoerd. Hoe groot de aanvoer van buiten het bedrijf is hangt af van de regio en het regionale aanbod.

Mesttoediening

Bij het uitrijden van drijfmest vervluchtigt een deel van de stikstof als ammoniak. Hoeveel is afhankelijk van de methode en tijdstip van mesttoediening. De samenstelling van de mest is gedurende het rekenproces anders geworden dan de normatieve samenstelling waarmee het model begonnen is omdat het rantsoen bedrijfsspecifiek is geworden. Met de nu ontstane samenstelling van de mest wordt de gewasproductie nogmaals berekend. De samenstelling van het gewas en de gehalten zullen nu iets afwijken van de eerste iteratie van het model. De berekening

van dierlijke mest en gewasproductie wordt daarom enkele malen uitgevoerd om de verschillen tussen plantaardige en dierlijke productie te beperken.

Mineralisatie

Door afbraak van organische N komen uit gewasresten, stoppels en wortels en de organische stof van dierlijke mest stikstof vrij. Een deel daarvan is voor het gewas opneembaar. Dit deel wordt berekend uit de lengte van het groeiseizoen van het gewas gekoppeld aan het patroon waarover de mineralisatie over het jaar is verdeeld. De hoogte van de mineralisatie van de bodem wordt afgeleid uit het N-leverend vermogen uit het gebruikte bodembestand.

Wortel- en stoppelresten

Deze post is bij het gras opgenomen naar analogie van de andere gewassen. Hoewel in het Stofstromenmodel de wortel- en stoppelverliezen niet worden beschreven, is wel aangenomen dat jaarlijks een hoeveelheid nutriënten uit deze post wordt teruggevoerd naar de bodem. In het model worden hiervoor per gewas vaste hoeveelheden aangenomen.

Als de wortel- en stoppelresten op de balans voorkomen dan staan ze zowel aan de aanvoer- als aan de afvoerzijde omdat ze tot de interne cyclus van het gewas behoren. Ze worden zowel gevormd als benut.

Gewasproductie

De gewasproductie is afhankelijk van de dierlijke mestgift, kunstmestgift, nutriënten in tijdens de beweiding uitgescheiden mest en urine, de mineralisatie in de bodem, de nutriënten die met de depositie meekomen en het vochtleverend vermogen. In het onderdeel *gewasproductie* wordt de ruwvoeropbrengst voor graasdieren (vers gras, kuilgras en snijmaïs) berekend en de opbrengst van de akkerbouwgewassen. Indien graasdieren op het bedrijf aanwezig zijn wordt het ruwvoer op het bedrijf gevoerd, een eventueel overschot wordt afgevoerd als kuilgras en snijmaïs. De akkerbouwproducten worden allen verkocht. Bietenblad en stro blijven op het bedrijf en worden gebruikt als veevoeder of ondergeploegd.

Depositie

In het Stofstromenmodel wordt depositie per regio constant verondersteld. De depositie van fosfor bedraagt ongeveer $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ (Olsthoorn, 1992). In het model is de waarde $0,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ P aangehouden. Over de depositie van kalium is weinig bekend. Kalium is één van de componenten die met zeezoutaërosolen landinwaarts worden getransporteerd. In het Oosten kan de van zeezout afkomstige depositie echter worden overtroffen door deposities die worden veroorzaakt door emissie van niet-maritieme oorsprong. De totale (natte en droge) depositie van kalium varieert van $4,1$ tot $9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ K (Olsthoorn, 1992). Voor het model is de waarde $4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$ aangehouden.

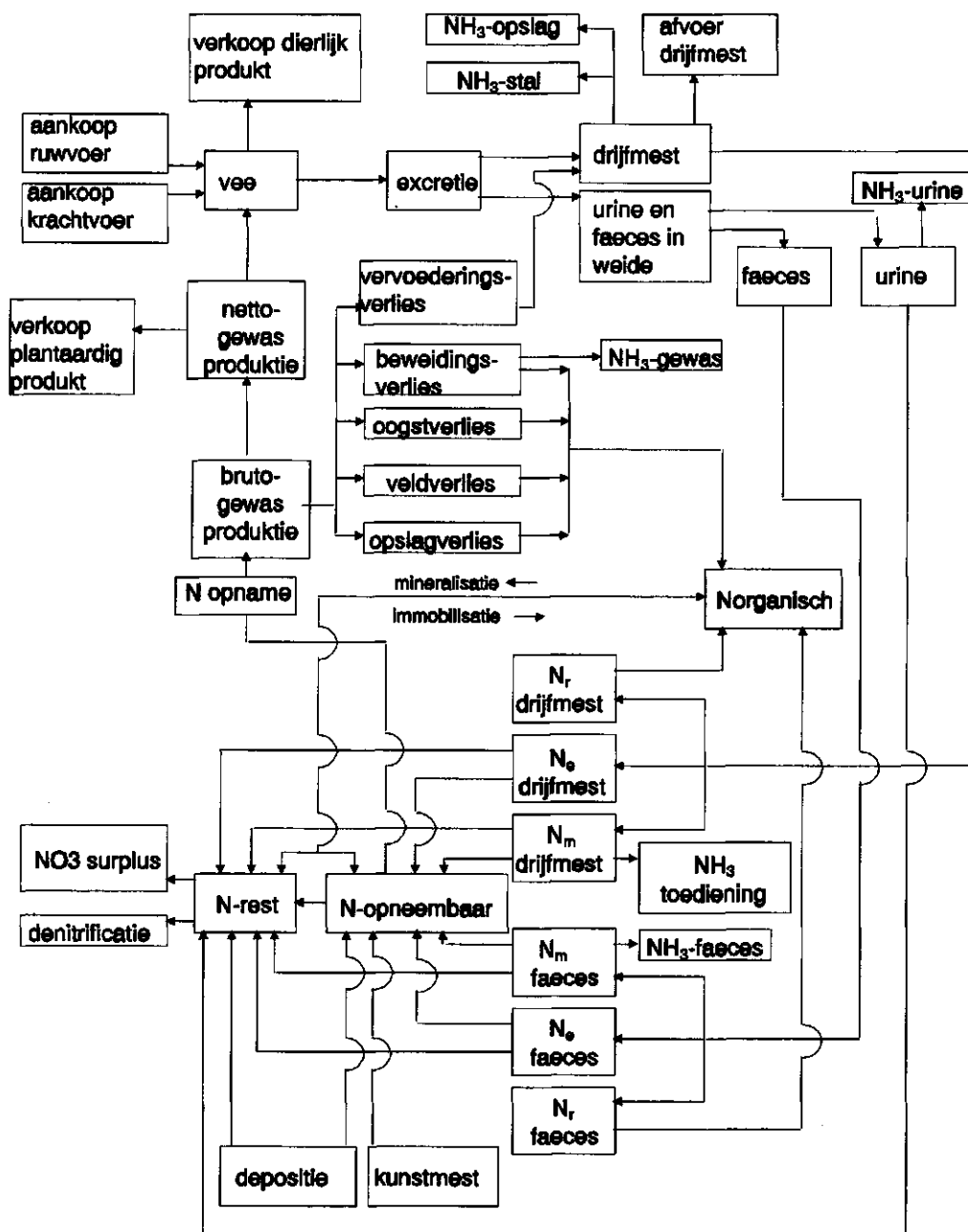


Fig. 7a Schematisch overzicht van de N-stromen in het bedrijfsmodel van het Stofstromenmodel

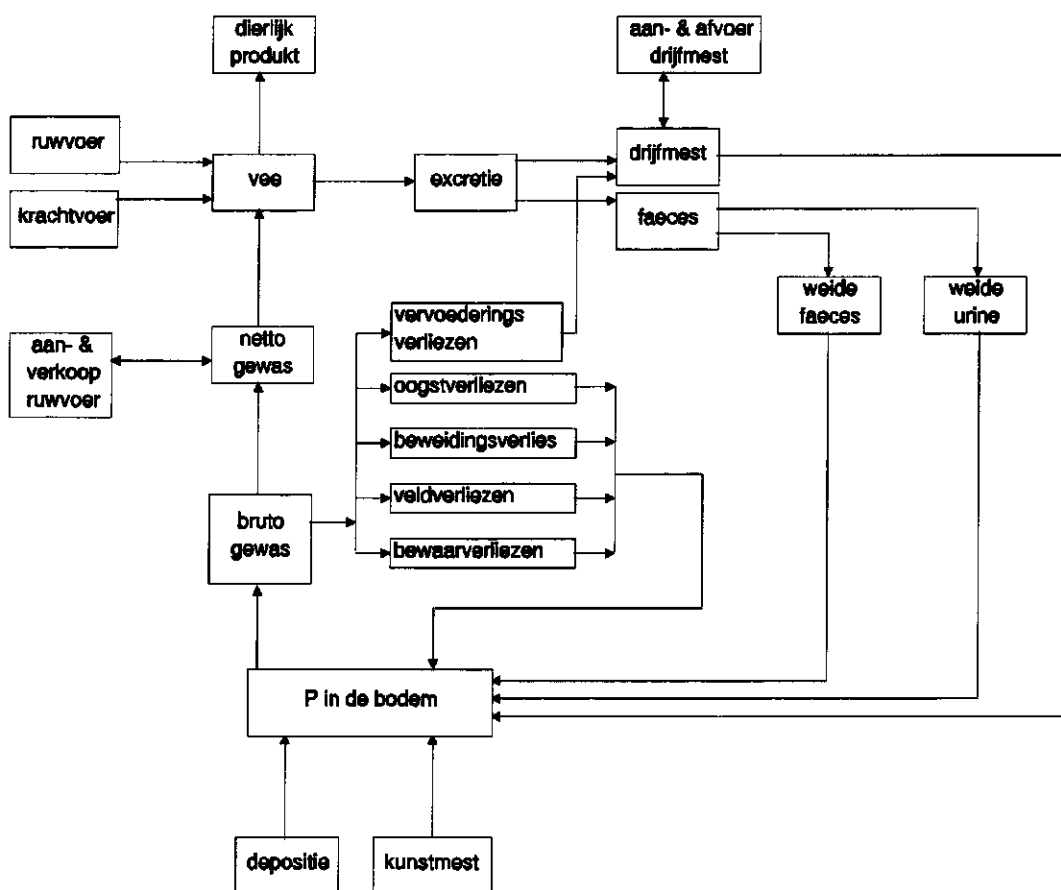


Fig. 7b Schematisch overzicht van de P-stromen in het bedrijfsmodel van het Stoffstromenmodel

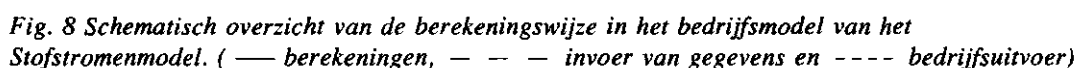
De natte en droge depositie van stikstof ligt gemiddeld voor heel Nederland gedurende de laatste tien jaar tussen de 45 en 55 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ N. Regionaal komen deposities voor die 20 % van het landelijk gemiddelde afwijken (Olsthoorn, 1992). Voor het model wordt 49 kg.ha⁻¹.jaar⁻¹ N aangehouden.

Weide- en oogstverliezen

Uit oogst-en beweidingsverliezen samen vervluchtigt ongeveer 1 kg N per ha gras (3% van de bruto productie), dit wordt volledig van de beweidingsverliezen afgetrokken (fig. 7a).

Denitrificatie

Er wordt aangenomen dat van de totale hoeveelheid voor de planten opneembare minerale stikstof minus de opgenomen hoeveelheid minerale stikstof door het gewas 10% denitrificeert. Daarnaast is aangenomen dat ook 27 % van de minerale stikstof uit urineplekken door (chemo)denitrificatie verloren gaat (Vertregt en Rutgers, 1987).



Het nitraatoverschot in het Stofstromenmodel wordt berekend als de totale hoeveelheid voor de planten opneembare minerale stikstof vermindert met de door het gewas opgenomen stikstof, de verliezen van stikstof via denitrificatie en ammoniakvervluchtiging. Daarnaast wordt de stikstof uit urineplekken bij het nitraatoverschot opgeteld.

De ammoniakvervluchtiging uit uitgereden drijfmest is afhankelijk de gebruikte toedieningstechniek. De ammoniakvervluchtiging uit de in de weide geproduceerde mest en urine wordt berekend op basis van een emissiepercentage vermenigvuldigd met de totale hoeveelheid. Een soortgelijke benadering is gekozen voor de ammoniakvervluchtiging uit de stal en opslag.

Tabel 2 Voorbeeld van een balans voor N en P opgesteld voor grasland op zandgrond (kg.ha⁻¹) in een willekeurig voorbeeldgebied zoals berekend door het Stofstromenmodel

Aanvoer	N	P	Afvoer	N	P
Depositie	49	1	Kuilgras (netto)	0	0
Kunstmest	256	35	Beweid gras (netto)	333	27
Weide-Faeces:		9	NO ₃ -overschot	424	
Nmin (na vervl.)	0		NH ₃ -vervluchting	17	
Ne (na vervl.)	0		Denitrificatie	73	
Nr (na vervl.)	78				
Weide-urine	140	12			
Drijfmest:		76			
Nmin	251				
Ne	126				
Nr	111		Mutatie bodemvoorraad	164	106
Totale input	1011	133	Totale output	1011	133

Mutatie bodemvoorraad

Het saldo van de som van de aanvoer naar de organische-N-pool (Nr in de toegediende drijfmest, N in weide- en oogstverliezen, veld- en transportverliezen, N in afstervende stoppels en worteldelen, N in faeces) verminderd met de som van de afvoer uit de organische-N-pool (mineralisatie) geeft de verandering van de bodemvoorraad van N. Voor P en K geldt hetzelfde, zij het dat de verandering van de bodemvoorraad niet (alleen) betrekking heeft op organische verbindingen.

Berekeningen met het Stofstromenmodel resulteren onder andere in nutriëntenbalansen. Deze kunnen zowel op verschillende ruimtelijke niveaus (grid, regio) als voor verschillende onderdelen van het bedrijf (dier-, gewas en hele bedrijf) worden gepresenteerd. Voor de vergelijking met ANIMO is echter alleen de balans op gewasniveau gebruikt, omdat de dierlijke en de bedrijfscomponent in ANIMO als zodanig niet voorkomen. Tabel 2 geeft een voorbeeld van een nutriëntenbalans op gewasniveau zoals die wordt berekend door het Stofstromenmodel.

4 Conceptuele vergelijking

Uit de hoofdstukken 2 en 3 blijkt dat de accenten binnen het Stofstromenmodel met name op de landbouwkundige aspecten liggen. Binnen ANIMO ligt het accent meer op de beschrijving van de N- en P-dynamiek en het transport in de bodem. Hierdoor zouden beide modellen elkaar goed aan kunnen vullen. Echter het karakter van beide modellen is verschillend. Het Stofstromenmodel is beschrijvend en rekent op jaarbasis met het bedrijf als rekeneenheid, terwijl ANIMO een dynamisch model is dat rekent met tijdstappen van één tot tien dagen met rekeneenheden (plots) van thans gemiddeld 750 ha. In dit hoofdstuk gaan we in op de conceptuele verschillen, in het volgende hoofdstuk op de verschillen in schematisatie en in hoofdstuk 6 bestuderen we de verschillen tussen de beide modellen aan de hand van voorbeeldberekeningen.

Ten behoeve van de conceptuele afstemming tussen de beide modellen hebben we potentiële knelpunten geïnventariseerd met behulp van de schema's van ANIMO (fig. 2, 3 en 4) en het bedrijfsmodel uit het Stofstromenmodel (fig. 7). Dit betekent dat we alleen die punten van afstemming behandelen, die discussie behoeven en waarvoor mogelijk nader onderzoek nodig is. De volgende onderwerpen zijn daarbij als mogelijke knelpunten behandeld:

- mineralisatie van dierlijke mest (par. 4.1);
- gewasreactie op nutriënten (par. 4.2);
- effect van begrazing op de productie (par. 4.3);
- urineplekken (par. 4.4);
- opbouw en afbraak van organische stof (par. 4.5);
- fosfor (par. 4.6).

Van ieder van deze punten geven we een korte toelichting op de modelbenaderingen, de aard van het knelpunt en de voorgestelde oplossing. In de eerste vijf paragrafen behandelen we alleen stikstof; knelpunten met betrekking tot fosfor komen in de laatste paragraaf aan de orde

4.1 Mineralisatie van dierlijke mest

Benadering Stofstromenmodel

Bij het berekenen van de hoeveelheid N die uit drijfmest voor het gewas beschikbaar komt, spelen in het Stofstromenmodel een aantal factoren een rol: diercategorie, samenstelling, beschikbaarheid, verdeling van mest over gewassen en toedienings-tijdstip.

Aangenomen is dat de drijfmest van elke diergroep een bepaalde (vaste) samenstelling heeft voor wat betreft de minerale fractie (N_m), snel afbreekbare organische fractie (N_e) en langzaam afbreekbare organische fractie (N_r ; Sluysmans en Kolenbrander, 1977). De hoeveelheid N die wordt uitgescheiden wordt volgens deze vaste verhouding verdeeld over deze drie fracties. Vervolgens wordt volgens het concept van Lammers (1983) de beschikbaarheid voor opname door het gewas bepaald. Dit

betekent dat naast de verdeling over de fracties ook het tijdstip van toediening van belang is. Voor de mestverdeling wordt eerst de hoeveelheid beschikbare drijfmest berekend. Vervolgens wordt deze toegedeeld aan de gewassen via een opgegeven voorkeursvolgorde, dus niet via optimalisatie. Bijvoorbeeld: eerst 40 ton runderdrijfmest per ha maïs toe te dienen in april, dan 40 ton runderdrijfmest per ha grasland toe te dienen in maart en indien daarna nog drijfmest over is bijvoorbeeld 20 ton runderdrijfmest per ha grasland toe te dienen in juni. Voor elk van deze toedieningen wordt berekend hoeveel N in principe beschikbaar is voor gewasopname en hoeveel buiten het groeiseizoen vrij komt. Dit gedeelte wordt toegevoegd aan het nitraatoverschot en is dan niet meer beschikbaar voor opname, ook niet in volgende jaren.

Benadering ANIMO

Als invoer voor het model moeten stikstof en fosfor in dierlijke mest eerst worden verdeeld in een mineraal en een organisch deel. Het organische deel wordt verder verdeeld in een drietal fracties die in het model verschillende vaste eerste orde afbraakcoëfficiënten en gehalten (N, P) hebben. Deze verdeling kan op verschillende manieren plaatsvinden. Eén mogelijkheid is door calibratie. Dit heeft in het verleden bijvoorbeeld plaatsgevonden op basis van lysimeterproeven met grote hoeveelheden varkensdrijfmest en op basis van de proeven met drijfmest op maïs in Cranendonck. Een andere mogelijkheid is door te kalibreren op een andere formule voor de afbraak van organisch materiaal, bijvoorbeeld die van Janssen (1984). In de studies voor Verkeer en Waterstaat is gecalibreerd met behulp van het concept van Sluysmans. Daarbij is voor iedere mestsoort, uitgaande van vaste gemiddelde eerste orde afbraakcoëfficiënten voor de drie fracties, de fractieverdeling gezocht waarbij rekenkundig na een jaar de juiste Ne/Nr-verhouding resulteert. Hiervoor is dus niet met ANIMO zelf gerekend. Voor P zijn N/P-verhoudingen in de fracties aangenomen, waardoor P-anorganisch als resultante is berekend.

De verdeling van mesttoediening in de tijd wordt via een invoerfile per tijdstap opgegeven.

Knelpunt 4.1a

In het Stofstromenmodel is de stikstofuitscheiding door de dieren afhankelijk van het rantsoen, maar dit geldt niet voor de uitgescheiden hoeveelheden mest. De koolstofhuishouding wordt niet beschreven. De uitgescheiden stikstof wordt per diercategorie rechtstreeks toegekend aan de fracties Nm, Ne en Nr, die afhankelijk van het tijdstip van toediening en het gewas over wel (N-opneembaar) en niet voor het gewas beschikbare stikstof (N-rest) worden verdeeld. Het Stofstromenmodel omzeilt daarmee de organischestofhuishouding, terwijl ANIMO deze expliciet beschrijft. In ANIMO moet het organische deel van de dierlijke mest daarom worden toegekend aan (drie) organischestoffracties. Voor de conceptuele afstemming is het noodzakelijk dat dit zodanig gebeurt dat de stikstofmineralisatie vanuit de dierlijke mest volgens ANIMO overeenstemt met die volgens het Stofstromenmodel. Als hieraan kan worden voldaan zijn conceptuele wijzigingen in de modellen niet noodzakelijk.

Nog dit jaar (1997) zal de koolstofhuishouding in het Stofstromenmodel worden ingebouwd (buiten dit project). Met het oog op de flexibiliteit van het Stofstromenmodel en op toekomstscenario's is dit beter, omdat dan de verdeling van mest en urine over de fracties Nm en Norg, en de bijbehorende C/N-quotiënten kan worden berekend afhankelijk van de situatie.

Oplossing 4.1a

Voorgesteld wordt om in ANIMO de benadering voor de fractionering van dierlijke mest te kiezen op basis van de verhouding Ne/Nr zoals eerder toegepast voor Verkeer en Waterstaat. Deze benadering sluit immers aan op die van het Stofstromenmodel. We kunnen echter niet volstaan met de rekenkundige inschatting op basis van gemiddelde afbraakcoëfficiënten. In ANIMO en in werkelijkheid zijn de afbraakcoëfficiënten immers afhankelijk van allerlei omstandigheden als vocht en temperatuur. De afbraak en ook de invloed van dit soort factoren daarop verloopt niet lineair, waardoor de fractionering wellicht wat moet worden aangepast. Voorgesteld wordt om dit te doen door voor een aantal belangrijke mestsoorten een reeks van vijftien hydrologische weerjaren voor een klein aantal standaardsituaties (gras, maïs, bouwland) door te rekenen. Gemiddeld over de jaren moet dan de verhouding tussen de vrijgekomen (Ne) en de achtergebleven stikstof (Nr) overeenstemmen met het Stofstromenmodel.

Knelpunt 4.1b

De verhouding Ne/Nr is in het Stofstromenmodel per diercategorie een constante over de jaren, terwijl deze in werkelijkheid jaarafhankelijk is, net zoals de mineralisatie in ANIMO.

Oplossing 4.1b

Als de langjarige verhouding Ne/Nr klopt (zie oplossing 4.1a) gaan we ervan uit dat ANIMO de extra mineralisatie als gevolg van de dierlijke mest correct berekent. We kunnen dan de jaarlijks variërende mineralisatie uit ANIMO (par. 4.2) gebruiken voor het Stofstromenmodel.

4.2 Gewasreactie op nutriënten

Benadering Stofstromenmodel

De gewasreactie op N is vastgelegd in vierkwadrantenfiguren (fig. 9) voor iedere combinatie van gewas, vochtleverend vermogen en stikstofleverend vermogen van de bodem. De verbanden zijn vastgesteld voor een gemiddeld jaar, er wordt dus geen rekening gehouden met de variatie tussen jaren als gevolg van het weer. De gewasproductie voor specifiek jaar wordt echter wel gecalibreerd op basis van praktijkcijfers.

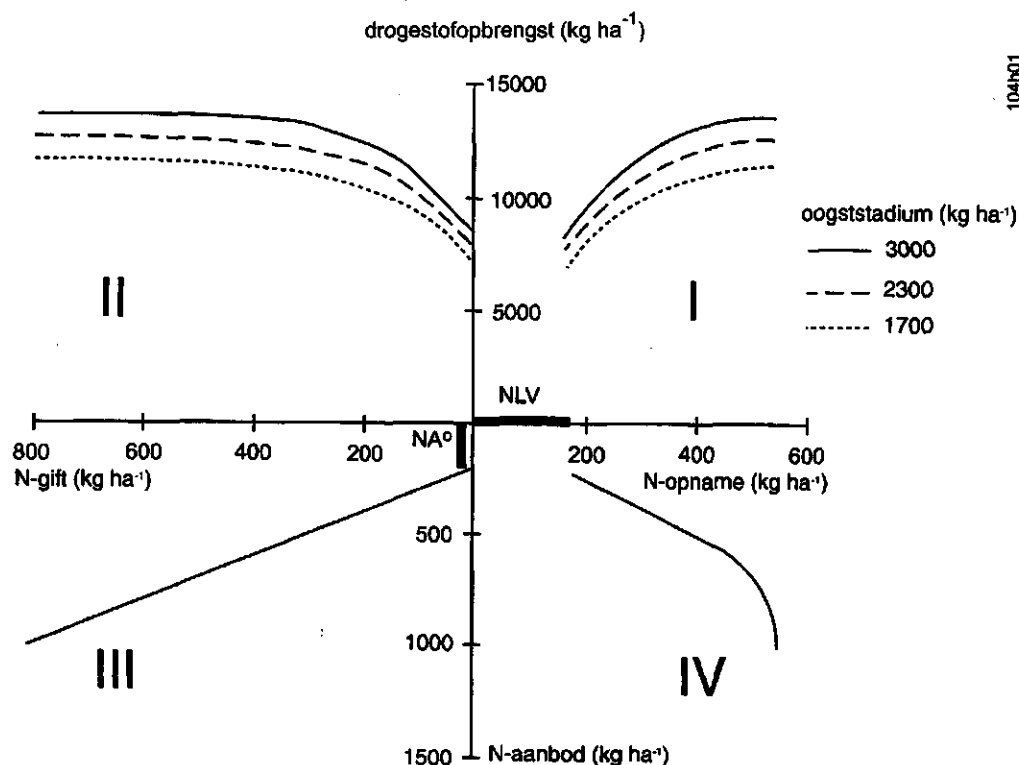


Fig. 9 Voorbeeld van een vierkwadrantenfiguur uit het Stofstromenmodel voor grasland op normaal vochthoudende zandgrond. Voor toelichting zie tekst

Met het stikstofleverend vermogen wordt in het Stofstromenmodel als volgt omgegaan. In het vierde kwadrant is de gewasopname uitgezet als functie van het totale N-aanbod, in plaats van alleen de N-gift, dus inclusief het deel van de depositie en de mineralisatie, dat gedurende het groeiseizoen beschikbaar komt. De resultaten van verschillende veldproeven zijn op één lijn gezet door het N-aanbod op de onbemeste veldjes te variëren. Dit N-aanbod op de onbemeste veldjes noemen we vanaf nu NA^0 om het onderscheid met het bemestingsadvies te maken, waar stikstofleverend vermogen (NLV) is gedefinieerd als de N-opname op het onbemeste veldje. De NLV die voor het Stofstromenmodel landsdekkend is bepaald uit het Bodemkundig InformatieSysteem wordt dus nog geconverteerd tot NA^0 . Als gevolg van deze benadering loopt de 'recovery-lijn' (kwadrant IV) door de oorsprong. De bijdrage aan NA^0 vanuit de mineralisatie van organische stof wordt van de pool N-organisch afgetrokken.

Benadering ANIMO

Voor bouwland wordt uitgegaan van ingevoerde standaard gewasopnames, verdeeld over twee perioden. Bij iedere periode hoort een standaard transpiratieflux. De groei en standaardopname door het gewas worden gereduceerd op basis van de actuele

transpiratie. Naast de door de standaardopname bepaalde vraag kan er bij groot aanbod luxe-consumptie (+10%) optreden.

In het model wordt groeireductie ten gevolge van nutriëntentekort gesimuleerd. Groeireductie treedt op zodra de geaccumuleerde opname minder dan 90% van de geaccumuleerde standaardopname bedraagt. De standaardopname wordt vervolgens naar beneden bijgesteld voor de periode na het optreden van groeireductie.

Voor grasland wordt uitgegaan van potentiële groei op basis van straling. Deze wordt op basis van actuele transpiratie gereduceerd voor vochttekort. De actuele groei bepaalt de stikstofvraag. Bij groot aanbod via convectief transport wordt luxe-consumptie gesimuleerd. Om na te bootsen dat de plant niet altijd het volledige aanbod opneemt is er een interne nitraatconcentratie die aanleiding kan geven tot teruggiffunderen van nitraat. Bij beperkt aanbod via convectief transport wordt stikstof via diffusie aangevoerd. De opname wordt dan door dit proces beperkt. Groeireductie vindt plaats als een bepaald minimumgehalte wordt bereikt. De groei is dan gelijk aan het aanbod gedeeld door dat minimumgehalte.

In ANIMO worden ammonium- en nitraatopname apart gemodelleerd. De opname van ammonium is daarbij niet alleen afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid in oplossing, zoals bij nitraat, maar van de som van ammonium in oplossing en geadsorbeerd ammonium.

Knelpunt 4.2

Het Stofstromenmodel rekent met een gemiddelde gewasreactie op stikstof (productie, opname, terugwinning en stikstofleverend vermogen) over de jaren, terwijl deze processen in ANIMO jaarafhankelijk zijn. Voor het gebruik van jaarspecifieke gegevens uit ANIMO is iteratie tussen beide modellen nodig. Dit is ongewenst in verband met de organisatie van informatiestromen en de schematisatie (hoofdstuk 5).

Oplossing 4.2

Het Stofstromenmodel wordt aangepast om jaarspecifiek te kunnen rekenen. Opbrengstvorming (kwadranten I en II) wordt minimaal afhankelijk van de vochtvoorziening, dus van het hydrologisch weerjaar en het vochtleverend vermogen van de bodem. Dit kan op verschillende manieren worden aangepakt. De eerste manier gaat uit van de aanpak in het bedrijfsmodel van het Stofstromenmodel zelf (eenvoudig waterbalansmodel op maanbasis). Een tweede mogelijkheid gaat uit van de maximale daling van het cumulatief neerslagtekort zoals eerder toegepast door Noij (1989), Van Holst et al. (1990) en Noij et al. (1995). Een derde mogelijkheid gaat uit van de verhouding tussen actuele en potentiële transpiratie zoals berekend door het hydrologische model dat onderdeel is van het instrumentarium. De rekenvolgorde is dan als volgt: 1 hydrologie, 2 jaarspecifiek het Stofstromenmodel en 3 STONE. De watergelimiteerde opbrengsten van de jaarspecifieke berekeningen moeten vervolgens worden getoetst aan proefveldmateriaal over reeksen van jaren.

Stikstofleverend vermogen en terugwinning (kwadrant IV) moeten vooraf jaarafhankelijk worden ingeschat op basis van bijvoorbeeld vochtvoorziening en temperatuur. Dit zou kunnen door heranalyse van proefmateriaal en/of door het afleiden van een eenvoudig model (metamodel) van ANIMO of andere modellen, die de mineralisatie en gewasopname beschrijven. In het geval van de metamodelbenadering op basis van ANIMO is conceptuele afstemming gegarandeerd, omdat daarbij relaties worden gebruikt die uit de resultaten van ANIMO zijn afgeleid.

Om in deze benadering voor conceptuele afstemming te zorgen tussen ANIMO en het Stofstromenmodel moeten per gewas voor een reeks van jaren, klassen van vochtleverend en stikstofleverend vermogen met ANIMO bemestingsexperimenten worden gesimuleerd om het ANIMO-concept zodanig te calibreren of aan te passen dat de driekwadrantendiagrammen van het jaarspecifieke Stofstromenmodel voor de verschillende situaties kunnen worden gereproduceerd. Zie verder ook knelpunt 4.3.

4.3 Effect van begrazing op de grasproductie

Benadering Stofstromenmodel

In het Stofstromenmodel worden steeds drie lijnen voor de relatie tussen productie en opname (kwadrant I) weergegeven, één voor het maaistadium voor voederwinning, één voor het maaistadium voor zomerstalvoeding en één voor weidestadium. De lijn voor weiden ligt het laagst omdat weidegras in het laagste stadium wordt geoogst. Daarnaast treden er bij beweiding hogere verliezen op. De opname door het vee varieert van 6-18 kg droge stof per dier, afhankelijk van de diergroep waartoe het vee behoort, het beweidingssysteem en de opbouw van het rantsoen. In het Stofstromenmodel zijn meerdere diergroepen onderscheiden.

Benadering ANIMO

ANIMO rekent alleen met grootvee-eenheden die 14 kg droge stof per dag opnemen en met beweidingsverliezen die afhankelijk zijn van de veebezetting. De hoeveelheid gras neemt toe met de groeisnelheid minus de opname door het vee. De opname door het vee wordt als het ware gespreid over het areaal grasland. Als het totale areaal het maaistadium bereikt, wordt het in zijn geheel gemaaid. Ook daarbij worden verliezen in rekening gebracht.

Knelpunt 4.3

- a) De opname van het vee in ANIMO en het Stofstromenmodel komen niet overeen.
- b) Het ANIMO-concept leidt bij een evenwicht tussen grasaanbod en grasopname tot een overschatting van de productie, omdat al het gras zich in de lineaire groeifase bevindt. In werkelijkheid zijn sommige percelen afgegraasd en bevinden zich in de exponentiële groeifase, andere percelen zijn de lineaire groeifase voorbij. In een situatie waarin gras over is, wordt in ANIMO plotseling het hele areaal gemaaid, waardoor het hele areaal zich vervolgens in de exponentiële fase bevindt. In werkelijkheid zullen verschillende percelen zich in verschillende fasen

bevinden, waardoor de groeisnelheid zich gemiddeld geleidelijker ontwikkelt. In een periode met tekort aan voer wordt de productie in ANIMO juist onderschat. Al het gras bevindt zich in de hergroeifase, terwijl in werkelijkheid het vee wordt bijgevoerd en sommige percelen onbegraasd blijven en daardoor toch de lineaire groeifase bereiken.

- c) ANIMO simuleert alleen gecombineerd gebruik, terwijl het Stofstromenmodel in het eerste kwadrant drie lijnen hanteert voor maaien (2) en weiden. Dit punt moet worden afgestemd met knelpunt 4.2.

Oplossing 4.3

- a) We moeten in ANIMO de opname van de diercategorieën uit het Stofstromenmodel overnemen.
- b) Op dit punt is calibratie of conceptuele aanpassing van ANIMO nodig. Bij de afstemming op de benadering in het Stofstromenmodel kan gebruik gemaakt worden van een gedetailleerder graslandmodel. Calibratie vindt dan plaats op de uitkomsten van zo'n model. Hierbij is afstemming nodig met de knelpunten 4.2 en 4.3c.
- c) De lijn die ANIMO in het kader van oplossing 4.2 en 4.3b produceert voor kwadrant I moet tussen de lijnen voor maaien en weiden van het Stofstromenmodel in liggen.

4.4 Urineplekken

Benadering Stofstromenmodel

In het Stofstromenmodel wordt uitgegaan van een differentiatie in wel en niet door urineplekken beïnvloed grasland. Het effect van de verdeling van urineplekken in de tijd wordt als het ware gewogen gemiddeld en nagebootst door op enig moment een urineplek te vormen en de effecten daarvan door te rekenen. Bij flatten wordt ervan uitgegaan dat de effecten in de flat gecompenseerd worden door de randeffecten (Middelkoop, 1989).

Benadering ANIMO

In ANIMO wordt weidemest en -urine gelijkmatig over het perceel toegediend. Ammoniakvervluchtigingsfactoren kunnen per toediening worden ingevoerd.

Knelpunt 4.4

Het is niet mogelijk om in ANIMO net als in het Stofstromenmodel een representatieve urineplek op een representatief tijdstip toe te dienen. Omdat het Stofstromenmodel voor een heel jaar rekent maakt het preciese tijdstip van toedienen binnen het jaar niet zoveel uit. Het tijdstip van toedienen bepaalt alleen de periode van nawerking. In ANIMO kan het tijdstip echter cruciaal zijn omdat dit model dynamisch rekent. Als de urineplek bijvoorbeeld net voor een korte periode met groot neerslagoverschot wordt toegediend, staat de totale urinegift van dat seizoen onder invloed van die korte

periode. In werkelijkheid staat slechts de tot dan toe geloosde hoeveelheid urine, vooral de pas geloosde plekken, onder die invloed. In de projecten Ntegratie (Roelsma, i.v.) en milieukundig N-advies (Vellinga et al., 1996) is dit probleem opgelost door het perceel vergaand op te splitsen in delen waarvoor apart wordt bijgehouden wanneer en hoeveel urine er terecht komt. Dit is voor regionale en landelijke analyses echter te omslachtig.

Oplossing 4.4

We onderscheiden twee opties voor oplossing van dit knelpunt. De eerste oplossing kan worden beschouwd als een compromis tussen de benadering in ANIMO waarbij geen rekening houden wordt met gedifferentieerde belasting en de benadering met vergaande opdeling van het perceel. We onderscheiden een wel en niet beïnvloed deel van het perceel. Binnen het beïnvloede deel f^u wordt de urine net als nu in het gehele perceel gelijkmatig verdeeld, maar wel verspreid over het seizoen. Beide delen worden in ANIMO gedurende het groeiseizoen apart bijgehouden. Op een nader te bepalen tijdstip vóór het groeiseizoen worden de relevante toestandsvariabelen uit ANIMO gewogen gemiddeld op basis van de oppervlaktes van de beide delen om weer met een 'homogeen' perceel het volgende groeiseizoen in te kunnen (deze procedure is in het kader van Ntegratie reeds ontwikkeld). De grootte van f^u moet zo gekozen worden dat het effect ervan op de emissie zo goed mogelijk overeenstemt met het effect van gedifferentieerde belasting. Voor het vinden van de ideale f^u kunnen we een gedetailleerder model op een aantal verschillende relevante situaties toepassen. We schatten vooraf in dat f^u ongeveer zo groot moet zijn dat de stikstofbemesting er als gevolg van één beweiding (inclusief kunstmest) kleiner is dan de maximale stikstofopname van twee maaisnedes. Een eventuele onderschatting van het beïnvloede deel maakt dan niet meer uit omdat dit op perceelsbasis geen invloed meer heeft op het verschil tussen gift en opname. Een urinelozing werkt namelijk het sterkst door in de eerste twee snedes na toedening. Hiermee wordt f^u dus terecht afhankelijk van de beweidingsintensiteit (het aantal koeweidedagen per ha).

De tweede oplossing lijkt eenvoudiger, omdat het geen conceptuele aanpassing van ANIMO vergt. We denken aan een benadering die rekening houdt met de geringere beschikbaarheid voor het gewas van de stikstof in urineplekken. Deze geringere beschikbaarheid zou kunnen worden nagebootst door geringere opname van het gewas en grotere denitrificatie. De parametrisatie van ANIMO moet in deze benadering worden aangepast door calibratie op een gedetailleerder graslandmodel. Hierbij is afstemming nodig met de knelpunten 4.2 en 4.3.

4.5 Opbouw en afbraak van organische stof

Benadering Stofstromenmodel

In het Stofstromenmodel wordt een jaarlijkse organische N-balans (fig. 7a: Norganisch) bijgehouden. Het model houdt geen organischestofbalans bij over jaren heen. Een balansverschil tussen begin en eind zegt dus iets over de opbouw of

afbraak van organische N in het betreffende jaar. Opbouw van organische N vindt in het Stofstromenmodel plaats vanuit de gewasresten en de langzaam afbreekbare mestfractie Nr. De gewasverliezen zijn afhankelijk van het gebruik, Nr van de mestsoort. Afbraak van organische N wordt berekend uit de mineralisatie. Deze bestaat uit een wel (NA^0) en niet voor het gewas beschikbaar deel.

Benadering ANIMO

ANIMO gaat uit van de aanwezigheid van organische stof in de bodem, verdeeld over een aantal fracties met verschillende afbreekbaarheid en N-gehalte. Opbouw vindt plaats via de restproducten van wortellexudaten, plantaardige resten, mest en opgeloste organische stof. Het voordeel van zo'n benadering is dat naijlingsprocessen kunnen worden vervolgd. Toepassing van het model vereist daarentegen een 'historische run' voor het initialiseren van de organischestoffracties in de bodem. Voor de akkerbouwgewassen zijn er vaste gewasverliezen, bij gras zijn ze afhankelijk van gebruik en in het geval van weiden van de veebezetting.

Knelpunt 4.5

Voor het berekenen van de belasting van grond- en oppervlaktewater is het beschrijven van naijlingsprocessen belangrijk. Hiervoor is het nodig de organischestofbalans over de jaren heen bij te houden. ANIMO doet dit wel, en het Stofstromenmodel niet.

Voor de afstemming van de gewasverliezen is het nodig de uitgangspunten van het Stofstromenmodel in ANIMO over te nemen. Het Stofstromenmodel levert echter alleen N- en P-verliezen, terwijl ANIMO ook koolstof nodig heeft. Daarnaast moet er voor ANIMO ook een verdeling van de gewasverliezen uit het Stofstromenmodel in de tijd worden gemaakt.

Voorstel oplossing 4.5

Voor het beschrijven van de organischestofdynamiek over jaren gaan we uit van ANIMO. Het Stofstromenmodel levert de jaarlijkse aanvoer van organische stof in plantaardige verliezen. Hiervoor is het nodig dat de organische-C-stromen die parallel lopen aan de organische N- en P-stromen uit het Stofstromenmodel worden gekwantificeerd en vervolgens verdeeld over het seizoen. Vooralsnog kunnen we dat doen door van vaste N- en P-gehaltes in de verliezen uit te gaan, vervolgens zouden we variatie kunnen inbrengen als functie van bijvoorbeeld N-niveau, N-opname en weerjaar. Na implementatie van de koolstofkringloop in het Stofstromenmodel (gepland voor het jaar 1997) kan koolstof parallel worden doorgegeven.

4.6 Fosfor

Benadering Stofstromenmodel

Fosfor is geen limiterend nutriënt voor de gewasgroei in het Stofstromenmodel. Fosforstromen worden berekend door biomassastromen te vermenigvuldigen met standaard gehalten in gewas, dier, mest en product. Er wordt uitgegaan van een voldoende P-toestand in de bodem, waardoor geen groeireductie als gevolg van P-tekort optreedt. Er wordt alleen een jaarlijkse P-balans van de bodem bijgehouden (fig. 7b: 'P in bodem'), waarmee kan worden nagegaan of in een bepaald jaar de P-voorraad in de bodem toe- of afneemt. Deze voorraadverandering wordt niet over jaren heen bijgehouden.

Benadering ANIMO

De organische-P-kringloop verloopt analoog aan die voor stikstof, zij het dat er bij fosfor geen vervluchtiging optreedt. ANIMO gaat uit van een verdeling van de anorganische-P-voorraad in de bodem over opgelost fosfaat, reversibel geadsorbeerd fosfaat, moeilijk desorbeerbaar fosfaat en neergeslagen fosfaat. Initialisatie van anorganisch-P gebeurt op basis van ijzer en aluminiumgehalten in de bodem en net zoals bij organische stof door een historische 'run'. Door deze benadering kunnen naijlingsprocessen worden beschreven.

Het aanbod van fosfaat voor gewasopname bestaat uit de som van opgelost en reversibel geadsorbeerd fosfaat. Fosfaatopname door het gewas wordt expliciet beschreven. Voor bouwland gebeurt dat analoog aan stikstof (par. 4.2). Als het stikstofaanbod relatief sterker daalt dan het fosfaataanbod dan wordt er een beperking opgelegd aan de verhouding tussen de N- en P-opname. Voor grasland geldt het volgende. De fosforvraag wordt bepaald door de actuele productie (eventueel door vocht en/of stikstof gelimiteerd). Bij een relatief groot P-aanbod kan luxe consumptie van P optreden tot een bepaalde minimale N/P-verhouding in het gewas is bereikt. Als de bodem onvoldoende fosfaat kan leveren, stijgt de N/P-verhouding tot een bepaald maximum, waarna groeireductie als gevolg van P-tekort optreedt.

Knelpunt 4.6a

Voor het berekenen van de belasting van grond- en oppervlaktewater is het beschrijven van naijlingsprocessen belangrijk, vooral bij fosfaat. Daarvoor is het nodig de P-balans in de bodem over meerdere jaren bij te houden. ANIMO houdt deze balans wel bij, maar het Stofstromenmodel niet.

Voorstel oplossing 4.6a

Voor het bijhouden van de P-balans in de bodem over meerdere jaren gaan we uit van ANIMO. Voor de jaarbalans moet de netto-gewasopname van beide benaderingen op elkaar zijn afgestemd. Daarvoor worden gewasverliezen op elkaar afgestemd analoog aan oplossing 4.5. De opname behandelen we onder knelpunt 4.6b.

Knelpunt 4.6b

Fosfor is geen limiterend nutriënt voor de gewasgroei in het Stofstromenmodel. De groei bepaalt in het Stofstromenmodel de fosfaatopname (groei maal gehalte). In ANIMO kan ook de fosfaatopname sturend worden voor de groei.

Voorstel oplossing 4.6b

De P-opname in het Stofstromenmodel wordt afhankelijk gemaakt van de P-toestand van de bodem. Deze P-toestand kan initiëel worden bepaald uit metingen of aangeleverd vanuit de historische 'run' met ANIMO. Vertaling van de toestandsvariabelen van P in ANIMO naar de bodemvruchtbaarheids- parameter P_w is inmiddels mogelijk (Schoumans, i.v.), aan de vertaling naar P-AL wordt nog gewerkt. Bij berekening over meerdere jaren kan de P-toestand aan het begin van het groeiseizoen met de resultaten van ANIMO worden bepaald en doorgegeven aan het Stofstromenmodel.

Het gewasopnameconcept in ANIMO moet vervolgens net als bij oplossing 4.2 worden gecalibreerd op, of aangepast aan de jaarspecifieke opname door het Stofstromenmodel. Deze oplossing moet worden afgestemd met paragraaf 4.2 omdat dan rekening kan worden gehouden met eventuele N-P-interacties.

5 Informatiestromen en schematisatie

5.1 Inleiding

Naast conceptuele verschillen tussen het Stofstromenmodel en STONE (hoofdstuk 4), zijn er verschillen die te maken hebben met gebruikte databestanden, ruimtelijke schalen en indelingen. Dit hoofdstuk gaat in op deze verschillen en geeft aan welke knelpunten er optreden bij een eventueel gecombineerd gebruik van het Stofstromenmodel en STONE en hoe die knelpunten opgelost kunnen worden.

Het gecombineerde gebruik van het Stofstromenmodel en STONE kan in theorie op verschillende manieren plaatsvinden. In de eerste plaats zouden beide modellen volledig kunnen worden gekoppeld. Gezien de conceptuele verschillen tussen beide modellen is dit niet aan de orde.

In de tweede plaats kan er sprake zijn van het doorgeven van output van het ene model, die de input vormt voor het andere model. Deze vorm van gecombineerd gebruik is wel aan de orde, met name bij het doorgeven van informatie over bodembelasting vanuit het Stofstromenmodel aan STONE. Dit is in zekere zin vergelijkbaar met de huidige doorgave van gegevens uit de mest- en ammoniakmodellen van LEI-DLO aan het RIVM, die deze gegevens gebruikt als invoer voor uitspoelings- en depositiemodellen.

Een derde vorm van gecombineerd gebruik van het Stofstromenmodel en STONE bestaat uit een werkwijze waarbij geïtereerd wordt. De modellen worden daarbij beurtelings gedraaid en geven informatie voor een nieuwe modelrun door aan het andere model. Hoewel dit de nodige complicaties met zich mee zal brengen in de uitvoering, zijn er inhoudelijke argumenten om deze vorm van gecombineerd gebruik niet helemaal buiten beschouwing te laten.

In dit hoofdstuk geven we een globale beschrijving van de in- en uitvoer van het Stofstromenmodel en ANIMO (par. 5.2), van de knelpunten die zich rond gecombineerd gebruik van in- en uitvoerbestanden voordoen, en van mogelijke oplossingen daarvoor (par. 5.3).

5.2 Huidige informatiestromen Stofstromenmodel

5.2.1 Invoer Stofstromenmodel

Het Stofstromenmodel maakt voor de berekeningen op bedrijfsniveau gebruik van de volgende databestanden:

- bedrijfsgegevens uit Landbouwtelling;
- postcode en huisnummer bedrijven Landbouwtelling;

- bestand waarin postcode en huisnummer worden gekoppeld aan grids van $500 * 500 \text{ m}^2$, waardoor de locatie van een bedrijf bekend wordt;
- bestand met melkquota per bedrijf;
- bodembestand met gegevens per grid van $500 * 500 \text{ m}^2$ afkomstig van SC-DLO.

De Landbouwtelling en het Melkquotumbestand leveren per bedrijf informatie over de samenstelling van de veestapel, het bouwplan, het melkquotum, en enkele overige gegevens (bijv. staltype). Aan deze bedrijfsinformatie wordt informatie toegevoegd die afkomstig is uit het Bodembestand (vocht- en stikstoflevelleverend vermogen, grondwatertrap, grondsoort, aantal ha cultuurgrond volgens het CBS-bestand van 1985). Dat gebeurt door het 'overheersende' kenmerk per grid toe te wijzen aan alle bedrijven waarvan het bedrijfsadres in het betreffende grid ligt. Dit wil zeggen dat alle cultuurgrond van deze bedrijven deze kenmerken krijgt, ook de cultuurgrond die in werkelijkheid buiten het grid ligt.

5.2.2 Uitvoer Stofstromenmodel

De berekening van product- en nutriëntenstromen vindt per bedrijf plaats, maar de arealen van de verschillende gewassen kunnen wel onderscheiden worden. Ruimtelijke aggregatie vindt plaats door bedrijven of hectares op te tellen. Tot nu toe wordt meestal tot op gemeente- of regioniveau geaggregeerd. Alle grond wordt daarbij toegewezen aan de gemeente of de regio waar het bedrijfsadres is.

Indien gekozen wordt voor aggregatie van (groepen van) grids, moet er een toedeling van de grond van individuele bedrijven naar de individuele grids plaatsvinden, zoals dat nu soms ook gedaan wordt voor de mest- en ammoniakmodellen van LEI-DLO. Per grid moet worden gecontroleerd of er niet meer grond toegedeeld is dan het maximale areaal cultuurgrond in het grid.

Het Stofstromenmodel genereert voor N, P en K een totale bedrijfsbalans, een balans per ha voor ieder onderscheiden gewas, en een balans per dier voor iedere onderscheiden diersoort. Daarnaast komt er informatie beschikbaar over de samenstelling van het voer, de drogestofproductie en voederwaarde van gewassen, kosten en opbrengsten van aan- en afvoerposten en bewerkingen, en dergelijke.

5.3 Huidige informatiestromen ANIMO

5.3.1 Invoer ANIMO

Ten behoeve van de WaterSysteemVerkenningen (WSV) is een schil rond ANIMO gemaakt (GONAT, Geographically Oriented NATional instrument of ANIMO), die de invoer genereert, ANIMO aanroept en vervolgens horizontaal en verticaal aggregeert (Boogaard en Kroes, i.v.). Verticaal kan worden geaggregeerd naar het gehele bodemprofiel of delen daarvan (wortelzone, onverzadigde zone, neerslagzone,

en dergelijke). De totale te beschrijven ruimte in Nederland of in een deelgebied wordt opgedeeld in plots op basis van grondgebruik (gewassen), en hydrologische en bodemkundige kenmerken. Horizontaal is de plot de kleinste rekeneenheid. De invoer dient per plot beschikbaar te zijn. Er zijn ongeveer 3600 plots met een gemiddelde oppervlakte van 750 ha. Een plot bestaat uit meerdere grids van $500 * 500 \text{ m}^2$, die geografisch verspreid liggen. Omdat de WSV-studie gericht is op oppervlaktewater wordt horizontaal geaggregeerd naar zogenaamde PAWN-districten, ongeveer 80 waterstaatkundige eenheden. De datastromen zijn sterk gekoppeld aan de gekozen schematisatie. Sommige informatie wordt aan ANIMO aangeleverd op PAWN-districtsniveau, andere informatie op subdistrictsniveau, en weer andere informatie op plotniveau.

De benodigde informatie kan gegroepeerd worden naar: materiaal, bodem, gewas, randvoorwaarden, initiële toestand en addities. De raakvlakken met het Stofstromen-model zitten met name bij de onderdelen gewas en addities (mestgiften). Bij gewas gaat het om de N- en P-opname door het gewas, drogestofproductie, maar ook om voeropname tijdens beweiding en veebezetting in verband met gewasverliezen.

Bij addities gaat het om de historische, huidige en toekomstige mestgiften (dierlijke mest, kunstmest, N en P) die berekend worden voor de drie belangrijkste bodemgebruiksvormen grasland, maïs en overig bouwland. Deze invoer wordt in GONAT aangeleverd op het niveau van de 31 mestregio's die het LEI-DLO onderscheidt. Door het Waterloopkundig Laboratorium is een vertaling gemaakt van door LEI-DLO aangeleverde informatie over toediening van kunstmest en productie en toediening van dierlijke mest per ha, naar informatie die als invoer voor GONAT geschikt is. Bij de ruimtelijke schematisatie is de LEI-indeling niet meegenomen, zodat plots in meerdere LEI-regio's kunnen liggen.

Het bodemgebruik wordt afgeleid uit de Landelijke Grondgebruiksdatabank voor Nederland (LGN; Thunnissen et al., 1992). Dit basisbestand $50 * 50 \text{ m}^2$ is opgeschaald naar $500 * 500 \text{ m}^2$. Qua ruimtelijke schaal komt dit overeen met de schaal die in het Stofstromenmodel wordt gebruikt. Dit bestand op basis van satelietopname's is echter niet op alle punten even onderscheidend, waardoor er nogal forse verschillen tussen LGN en landbouwtelling resulteren voor sommige gewassen (met name voor gras). Daarom worden de gegevens van het LGN zodanig aangepast dat ze globaal overeenstemmen met de informatie uit de Landbouwtelling. Aan dit gecorrigeerde bodemgebruiksbestand wordt de informatie over mestgiften per ha gekoppeld.

Voor toekomstscenario's wordt rekening gehouden met de afname van de totale hoeveelheid landbouwgrond per regio, maar een omzetting van gebruiksvormen vindt niet plaats.

5.3.4 Uitvoer ANIMO

ANIMO genereert toestanden en balansen per bodemlaag per tijdsperiode per plot. Balansen worden opgemaakt voor water, ammonium, nitraat, organisch N, ortho-fosfaat en organisch P. Daarnaast kan ANIMO informatie leveren over bijvoorbeeld gewasproductie.

De informatie kan horizontaal, verticaal en in de tijd geaggregeerd worden (bijvoorbeeld jaarlijkse N-uitspoeling naar het grondwater op 1 meter beneden de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand voor een bepaald PAWN-district).

5.4 Knelpunten

5.4.1 Ruimtelijke schematisatie en bodemgebruik

Knelpunt 5.1: informatie van het Stofstromenmodel naar STONE

De invoergegevens van ANIMO moeten per plot aangeleverd worden. Op een plot komt slechts één gewas voor. Het Stofstromenmodel kan — indien gewenst — de benodigde informatie aanleveren per grid of per plot (groep van grids). Daarbij moet dan de informatie over bedrijven en hun ligging vertaald worden naar gewasarealen per grid met bijbehorende bodembelasting. Indien in een bepaald grid meer dan 25 ha toebehoort aan bedrijven met het bedrijfsadres in dat grid, dan wordt een deel van het areaal toebedeeld aan een nabijgelegen grid waar volgens het bodembestand nog wel cultuurgrond ligt.

Het Stofstromenmodel kan weliswaar informatie berekenen per plot, maar een eventuele toelevering van gegevens is niet zonder problemen. ANIMO gaat namelijk uit van een ander bodemgebruiksbestand (LGN) en heeft per grid en per plot slechts één gewas, terwijl bij het Stofstromenmodel meerdere gewassen in één grid kunnen voorkomen. Het Stofstromenmodel levert per grid per voorkomend gewas aan wat de bodembelasting is. Daardoor kan het enerzijds voorkomen dat het Stofstromenmodel een bodembelasting voor maïs en gras levert voor een grid waarvoor ANIMO alleen gras geregistreerd heeft, en anderzijds kan het het Stofstromenmodel voor een bepaald grid een bodembelasting voor alleen gras opleveren, terwijl het een ANIMO-maïsplot betreft.

Oplossing 5.1a

Op basis van de informatie uit het Stofstromenmodel over de bodembelasting voor maïs in alle grids van een maïs-plot wordt een gemiddelde bodembelasting voor maïs in die plot berekend. Voor een grasplot gaan we analoog te werk. We laten buiten beschouwing dat het Stofstromenmodel ook bodembelastingen voor gras in de maïsplot oplevert. Omdat ANIMO meerdere grids combineert in een plot, zal deze werkwijze een redelijk resultaat kunnen opleveren. Probleem blijft dat wordt uitgegaan van verschillende gewassenbestanden LGN versus Landbouwtelling. Hierdoor verschillen de omvang en de locatie van de arealen per gewas met als

gevolg dat de totale mestgift in een gebied volgens het geïntegreerde instrumentarium kan afwijken van de berekeningen in het Stofstromenmodel.

Oplossing 5.1b

Een andere mogelijkheid is dat het Stofstromenmodel vooraf informatie ontvangt over de plot-indeling van ANIMO en op basis daarvan de grond die bij de bedrijven uit de Landbouwtelling hoort zo goed mogelijk toedeelt aan de plots (of in dit geval aan de gewassen). Daarmee wordt een eerste stap gezet op weg naar afstemming van de gewassenbestanden. Het probleem wat zich echter blijft voordoen is dat de totale arealen per gewas uiteen blijven lopen, waardoor een toedeling van de grond uit de landbouwtelling aan plots problemen kan opleveren.

Oplossing 5.1c

Voorafgaand aan berekeningen met het Stofstromenmodel en ANIMO wordt eerst een eenduidig bodemgebruiksbestand geproduceerd, door de verschillende informatiebronnen over locatie en bodemgebruik (gewasgegevens Landbouwtelling, locatie bedrijfsgebouwen, LGN-bestand, e.d.) optimaal te benutten. Daardoor ontstaat een eenduidige relatie tussen bedrijven en plots. Ieder bedrijf correspondeert met een aantal plots en iedere plot met een aantal bedrijven. Daarmee wordt het ook gemakkelijker om – indien dat gewenst zou zijn – ‘heen en weer’ te rekenen tussen de modellen (iteratie).

Het ontwikkelen van een standaardprocedure voor het optimaal benutten van de informatie uit verschillende gegevensbronnen, vraagt eenmalig een wat grotere investering. Deze investering laat zich vrij snel terugverdienen zodra het om concrete modeltoepassingen met specifieke gegevensbestanden gaat.

Oplossing 5.1c verdient de voorkeur. Zolang dit nog niet gerealiseerd is, kan gebruik gemaakt worden van de oplossingen 5.1a en 5.1b.

Knelpunt 5.2: informatie van STONE naar het Stofstromenmodel

Bij een eventuele doorgave van gegevens van STONE aan het Stofstromenmodel (iteratie) moet de plotinformatie (weer) omgezet worden in bedrijfsinformatie. Het gaat dan om informatie over bijvoorbeeld P-toestand van de bodem, droogtedepressie, mineralisatie. Daarbij doet zich opnieuw het probleem van verschillen in de ruimtelijke schematisatie voor.

Oplossing 5.2a

Indien oplossing 5.1c gerealiseerd zou zijn, dan kan plot-informatie over bijvoorbeeld P-toestand van de bodem, droogtedepressie en mineralisatie direct gekoppeld worden aan de bedrijfsinformatie in het Stofstromenmodel.

Oplossing 5.2b

Zolang oplossing 5.1c nog niet gerealiseerd is, ligt het bij iteraties voor de hand om informatie uit STONE van een bepaald weerjaar te middelen over een groter gebied voor gebruik als correctie in het Stofstromenmodel.

Op deze manier zijn terugkoppelingen erg complex en verdient het de voorkeur boven iteratie om eerst naar conceptuele afstemming te streven (hoofdstuk 4). Als het Stofstromenmodel bijvoorbeeld jaarspecifiek kan rekenen wordt de noodzaak om te itereren verkleind.

Knelpunt 5.3

Momenteel wordt in het Stofstromenmodel ieder bedrijf (hoofdgebouw met het adres) in een bepaald grid (25 ha) gelokaliseerd en krijgt alle cultuurgrond de bodemeigenschappen van dat specifieke grid toebedeeld, ook als het bedrijf groter is dan dat grid, of voor een belangrijk deel buiten dat grid ligt. Het is echter beter om bodemeigenschappen toe te kennen aan grids c.q. cultuurgrond, dan aan bedrijven.

Oplossing 5.3

Verdeel per bedrijf eerst de cultuurgrond over de grids. Soms zullen de grids bij verschillende plots horen. Het gevolg hiervan is dat in het Stofstromenmodel soms met meerdere bodemkenmerken per bedrijf gewerkt moet worden. Met een eenduidige koppeling tussen bedrijven en plots (oplossing 5.1c), is dit meteen realiseerbaar, omdat per bedrijf en per gewas bekend is hoeveel grond in ieder grid ligt. Hierbij kan het probleem ontstaan dat binnen een bedrijf een gewas op verschillende plots ligt. Het Stofstromenmodel zou dan meerdere berekeningen voor hetzelfde gewas moeten doen, hetgeen ingrijpende aanpassing van het model vergt. Het ligt meer voor de hand om ervoor te zorgen dat een bepaald gewas op een bedrijf nooit aan meer dan één plot wordt toegewezen.

5.4.2 Afstemming informatie rond vochthuishouding

Knelpunt 5.4

Voorafgaand aan de berekeningen met ANIMO of STONE zijn hydrologische berekeningen nodig om waterbalansen te genereren als invoer voor het model. De berekening van de waterbalans is gebaseerd op reële weersgegevens en daarom jaarspecifiek. Op basis van ingevoerde actuele en potentiële verdamping wordt in ANIMO droogteschade berekend.

Het Stofstromenmodel rekent met gemiddeld weer en het vochtleverend vermogen van de bodem per grid op basis van gegevens die door het SC-DLO worden geleverd. Het Stofstromenmodel werkt dus nog niet jaarspecifiek.

Oplossing 5.4

Bereken met het hydrologische model voor iedere plot een seizoensgemiddelde droogtedepressie en gebruik deze als invoer voor het Stofstromenmodel. Het Stofstromenmodel kan dan een jaarspecifieke watergelimiteerde gewasproductie berekenen (par. 4.2). Zolang het Stofstromenmodel nog niet jaarspecifiek rekt moeten deze gegevens voor een standaardserie van bijv. 15 weerjaren gegenereerd worden. Hierdoor ontstaat een nauwe aansluiting tussen de twee modellen op het gebied van vochthuishouding, en wordt een apart bodembestand voor het Stofstromenmodel met grondsoort, vochtleverend vermogen en grondwatertrap overbodig.

5.4.3 Scenario's

Knelpunt 5.5

In de huidige werkwijze van ANIMO kunnen bij berekeningen voor toekomstscenario's plots wel van omvang veranderen door afname van de hoeveelheid cultuurgrond, maar het grondgebruik per plot kan niet wijzigen. Dit is een beperking bij de formulering van scenario's, die bovendien leidt tot inconsistentie met invoergegevens rond bemesting die wel rekening houden met wijzigingen in toekomstig bodemgebruik.

Oplossing 5.5a

Bij berekeningen over een langere tijdsperiode wordt bijvoorbeeld om de 5 jaar het bodemgebruik per plot opnieuw vastgesteld. Daarbij wordt de plotindeling gehandhaafd, maar krijgen sommige plots een ander bodemgebruik (gewas) toegewezen, terwijl voor andere plots het bodemgebruik gelijk blijft. Bijvoorbeeld: 20% van alle grasplots wordt maïsplot. Deze werkwijze kan echter wel tot een explosieve toename van rekeneenheden leiden, omdat niet alleen het huidige bodemgebruik bepalend is voor de plotindeling, maar ook het bodemgebruik in het verleden. Bij doorrekening van een beperkt aantal jaren, of bij een relatief gering aantal verschuivingen in bodemgebruik, zou deze werkwijze echter bruikbaar kunnen zijn.

Oplossing 5.5b

Een tweede mogelijkheid om rekening te houden met veranderend grondgebruik is het regelmatig (bijvoorbeeld eens per 5 jaar) opnieuw toedelen van grids aan plots (opnieuw schematiseren). Dit vereist een volledig geformaliseerde plotindeling die kan worden geautomatiseerd. Een nieuwe plot kan daarbij samengesteld zijn uit één of meer (delen van) oude plots.

Ook deze werkwijze zal tot een explosie van rekeneenheden leiden als we strikt vasthouden aan het principe van homogeniteit. Om dit te beperken zullen grids die voor een specifiek rekenjaar hetzelfde bodemgebruik hebben, maar in het verleden een verschillend bodemgebruik, zoveel mogelijk moeten worden samengevoegd. Daarbij vindt er een middeling plaats van toestandsgrootheden die de nieuwe plot

kenmerken. De middeling heeft tot gevolg dat effecten van wijzigend bodemgebruik minder scherp tot uiting komen dan bij de eerste mogelijkheid (oplossing 5.5a). Daar staat echter tegenover dat minder strak vastgehouden wordt aan een eenmaal gekozen plotindeling.

Een keuze voor 5a of 5b hangt enerzijds af van de benodigde inspanning om nieuwe plots te creëren en de rekentechnische mogelijkheden. Anderzijds moet de oplossing ook in evenwicht zijn met de precisie waarmee het toekomstig grondgebruik (op lokale schaal) ingeschat kan worden. We moeten geen energie stoppen in het realiseren van schijnnaauwkeurigheden met betrekking tot de gevolgen van veranderend bodemgebruik.

6 Voorbeeldberekeningen

6.1 Aanpak

Algemeen

Om de mogelijkheden en moeilijkheden van een geïntegreerd gebruik van het Stofstromenmodel (SSM) en ANIMO te bestuderen zijn berekeningen uitgevoerd voor een aantal voorbeeldplots uit de WaterSysteemVerkenningen (WSV; Boers et al., 1997). Doel van deze berekeningen was enerzijds te bezien of ANIMO kan werken met invoergegevens die worden aangeleverd door het SSM en anderzijds hoe en welke modeluitkomsten zouden kunnen worden vergeleken. In deze paragraaf wordt de aanpak van de berekeningen besproken, in de volgende paragrafen de resultaten.

Omdat in het SSM vaste relaties uit het Bedrijveninformatienet zijn ingebouwd tussen bedrijfskenmerken en het kunstmestgebruik, is voor enkele vergelijkingen gebruik gemaakt van het bedrijfsmodel FARM-MIN (Van der Putten en Van der Meer, 1994). Met FARM-MIN kunnen we ook het kunstmestgebruik variëren. Dit rekenmodel is weliswaar niet in het SSM opgenomen maar maakt wel van dezelfde invoergegevens, rekenregels en technische relaties gebruik.

Vergelijking van balansen

Om de resultaten van de modellen beter vergelijkbaar te maken zijn de resultaten van de bodem-gewas balansen zoals die door de beide modellen worden berekend (tabel 1 en 2) omgerekend naar een balans met dezelfde posten (tabel 3). Daarbij zijn net als voor het SSM ook van de resultaten van ANIMO balansen voor de wortelzone opgesteld (voor de bewortelingsdiepte zie tabel 7). Deze opmerking is vooral belangrijk voor lezers die al gewend zijn om ANIMO-balansen te lezen. In het algemeen gelden dergelijke balansen voor diepere profielen, waardoor sommige balansposten sterk kunnen afwijken (bijv. denitrificatie).

Tabel 3 Voorbeeld van de opbouw van de N-balans ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) zoals die is gebruikt voor de vergelijking van beide modellen.

Aanvoer	Afvoer
Kunstmest	gewasopname
Eigen drijfmest	afspoeling
Weidemest	uitspoeling
Aangekochte dierlijke mest	ammoniakvervluchtiging
Depositie	denitrificatie
Gewasresten	accumulatie
Totaal	Totaal

Hoewel de namen van de posten uit tabel 3 gelijk zijn moeten de volgende verschillen in acht worden genomen.

Aanvoerposten

Bemesting

- ANIMO** Onderscheid in drijfmest en kunstmest opgedeeld in org-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jaar}^{-1}$) voor stikstof en organische P en minerale P ($\text{PO}_4\text{-P}$) voor fosfor ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jaar}^{-1}$). Via berekeningen op dagbasis worden omzettingen van de verschillende stoffen berekend.
- SSM** Onderscheid in kunstmest, eigen drijfmest, weidemest en aangevoerde drijfmest ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jaar}^{-1}$ N, P). Bij de berekeningen worden onderscheiden kunstmest, drijfmest, faeces en urine. Aan elk van deze mestsoorten wordt (afhankelijk van tijdstip van toediening) een bepaalde werking op jaarbasis toegekend.

Depositie

- ANIMO** Voor N wordt onderscheid gemaakt in natte en droge depositie, org N, NH_4 en NO_3 . Voor P wordt alleen natte depositie in minerale onderscheiden ($\text{PO}_4\text{-P}$). Natte depositie wordt berekend uit neerslag hoeveelheden vermenigvuldigt met de N-concentratie in regenwater.
- SSM** Voor N wordt een constante per regio aangenomen ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jaar}^{-1}$), voor P een constante voor het gehele land ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jaar}^{-1}$);

Gewasresten

- ANIMO** Naast gebruiksverliezen ook afsterving van wortel en stoppeldelen.
- SSM** Alleen gebruiksverliezen (fig. 7a).

Afvoerposten

Afspoeling

- ANIMO** Berekend op dagbasis. Voor N onderscheid in org-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, voor P onderscheid in org-P, $\text{PO}_4\text{-P}$.
- SSM** Niet in berekeningen opgenomen.

Ammoniakvervluchtiging

- ANIMO** Berekend als een in te stellen percentage van de Nm via drijfmest en excretie van N in de weide.
- SSM** Berekend als een in te stellen percentage van de Nm via drijfmest en excretie van N in de weide.

Denitrificatie

- ANIMO** Wordt d.m.v. berekeningen op dagbasis berekend.
- SSM** Vast percentage van het nitraatoverschot + vast percentage van de N in urine.

Gewasopname

- ANIMO** Betreft de opname van N en P door het gewas (inclusief niet oogstbare gewasdelen, wortel, stoppel) als gewasverliezen bij de oogst/verwerking.

SSM Betreft alleen de opname van N en P in het oogstbare deel van het gewas (inclusief gewasverliezen bij de oogst/verwerking).

Uitspoeling

ANIMO Voor stikstof onderscheid org-N, $\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{NO}_3\text{-N}$. Voor P in org-P en $\text{PO}_4\text{-P}$. Daarnaast wordt onderscheid gemaakt in uitspoeling naar het grondwater en naar ontwateringsmiddelen.

SSM In plaats van uitspoeling wordt het nitraatoverschot als sluitpost op de minerale stikstofbalans berekend. Met het nitraatoverschot en een correctiefactor gebaseerd op de grondwatertrap kan de nitraatuitspoeling worden geschat. Voor P wordt slechts de ophoping berekend als sluitpost op de P-balans. Hierbij wordt impliciet aangenomen dat geen uitspoeling optreedt.

Accumulatie

ANIMO Voor N worden onderscheiden de hoeveelheid in organische N (vast en in oplossing), $\text{NO}_3\text{-N}$ (in oplossing) en $\text{NH}_4\text{-N}$ (bodemcomplex en in oplossing). Voor P worden onderscheiden een toename van de hoeveelheid in oplossing, geadsorbeerd aan het complex en opgenomen in het complex.

SSM Balansverschil tussen toevoegingen (Nr in de toegediende drijfmest, N in weide-, veld- en oogstverliezen, N in afstervende stoppels en worteldelen, N in faeces) en afvoer (mineralisatie) van stikstof uit de organische-N-pool. Voor P wordt aangenomen dat alles wat is toegevoegd aan de bodem, maar niet is opgenomen door het gewas, in de bodem wordt vastgelegd.

Vergelijking op verschillende niveaus

De berekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende niveaus (fig. 10). Achtereenvolgens worden de resultaten besproken van vergelijkende berekeningen op perceelsniveau, bedrijfsniveau en regioniveau. Vervolgens wordt de spreiding tussen afzonderlijke bedrijven binnen een regio benaderd (par. 6.6). Daarbij is getracht vanuit het regioniveau terug te kijken naar de lagere niveaus.

Op perceels- en bedrijfsniveau is zowel voor het SSM als voor ANIMO invoer gebruikt van een aantal plots in het PAWN-district Noordwest Veluwe uit de WSV-studie (Boers et al., 1997). Resultaten van ANIMO voor plots met grasland (par. 6.2) en snijmaïs (par. 6.3) zijn vergeleken met resultaten van het SSM, berekend met dezelfde invoerset. Bij deze vergelijking op perceelsniveau is ook het element P betrokken en zijn ook de invloed van weerjaar en bodemtype meegenomen. In de latere paragrafen hebben we ons steeds beperkt tot N, en tot één weerjaar en bodemtype. Voor de berekeningen op bedrijfsniveau (par. 6.4) zijn eerst de afzonderlijke perceelsresultaten van het SSM gecombineerd (fig. 10: SSM-78/22), vervolgens is ook de invloed van de interne N-stromen op het bedrijf meegenomen (fig. 10 SSM-bedrijf).

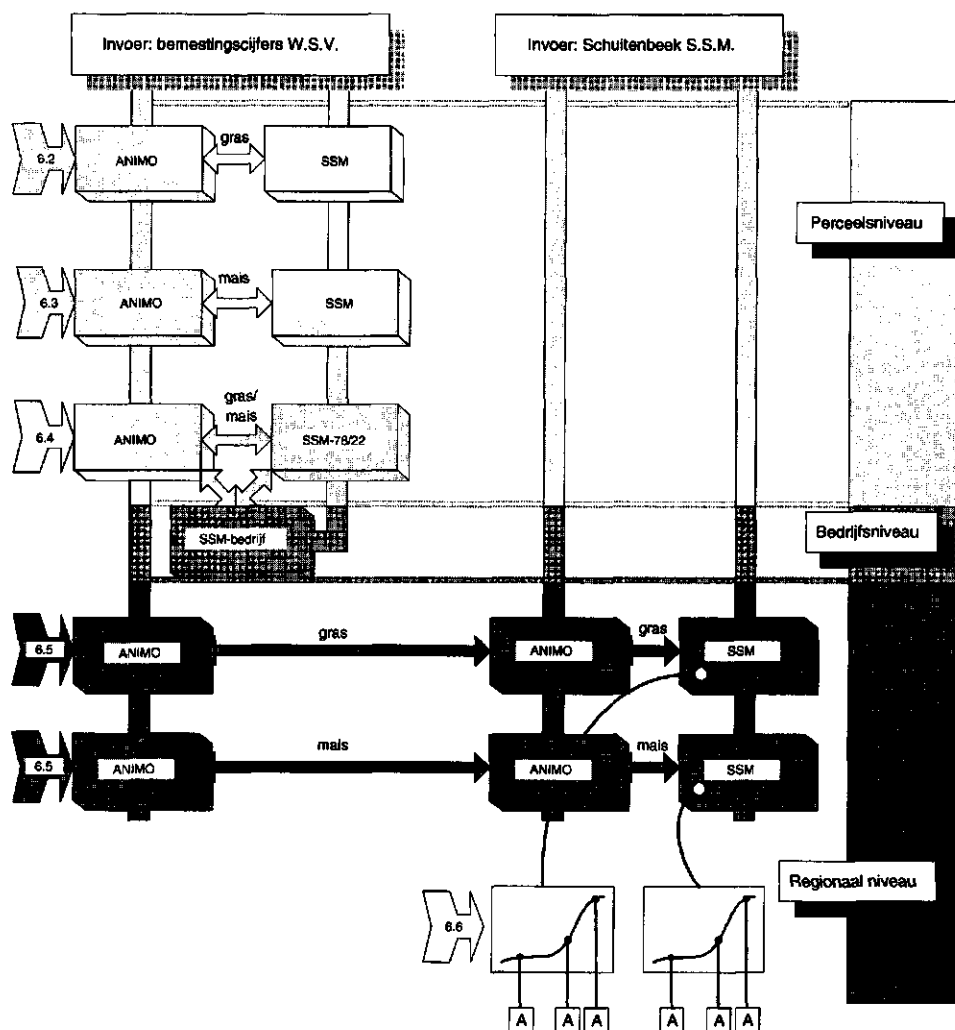


Fig. 10 Overzicht van de verschillende vergelijkende berekeningen. Pijlen verwijzen naar para-graafnummers. A is afzonderlijk bedrijf

Voor de berekeningen op regioniveau is in eerste instantie een deel van het stroomgebied van de Schuitenbeek door beide modellen afzonderlijk doorgerekend (par. 6.5.1). Dit Stroomgebied maakt deel uit van het eerder genoemde PAWN-district. Met het SSM is gerekend op basis van gegevens uit de landbouwtelling van 1992. Bij de berekeningen met ANIMO zijn invoergegevens voor 1992 afkomstig uit de WSV-studie gebruikt. Daarna zijn de berekeningen met ANIMO nogmaals uitgevoerd, maar ditmaal met invoergegevens die door het SSM werden aangeleverd op basis van gegevens uit de landbouwtelling van 1992 (par. 6.5.2).

Tenslotte zijn uit de totale populatie van bedrijven in het Schuitenbeekgebied, afzonderlijke bedrijven geselecteerd uit een brede range van N-belastingen per ha grasland en maïs (fig. 10: A). Deze bedrijven zijn met de invoergegevens zoals die zijn aangeleverd door het SSM doorgerekend met ANIMO voor grasland en snijmaïs (par. 6.6).

6.2 Graslandperceel

Voor grasland (perceelsniveau) zijn berekeningen uitgevoerd met de graslandplots 1497 en 1483 uit de WSV-studie (Boers et al., 1997). Beide plots zijn zandgronden uit het Schuitensbeekgebied, maar zijn hydrologisch verschillend (tabel 7). Plot 1497 heeft grondwatertrap V* en is daarmee aanzienlijk natter dan plot 1483 met grondwatertrap VII.

Met het SSM zijn deze plots benaderd door een plot te beschouwen als een graslandbedrijf met een veebezetting van 1,8 melkkoeien ha⁻¹ plus bijbehorend jongvee (vervangingspercentage 35%). Daarbij is de aanvoer van kunstmest, depositie en drijfmest gelijk gesteld aan de invoergegevens uit de WSV-studie (Boers et al., 1997). Op basis hiervan werd de hoeveelheid eigen drijfmest en geproduceerde weidemest door het SSM berekend. Voor ANIMO is de invoer gelijk gehouden aan de gegevens uit WSV. De resultaten van de berekeningen voor het weerjaar 1991 en 1992 zijn respectievelijk weergegeven in de tabellen 4a en 4b. Voor plot 1497 is bovendien een achtjarig gemiddelde (1986-1993) berekend. De resultaten daarvan zijn weergegeven in tabel 4c.

Tabel 4a N- en P-balansen¹ voor grasland (plot 1497 en 1483; kg.ha⁻¹) in 1991 volgens SSM en ANIMO, berekend op basis van invoergegevens uit de watersysteemverkenningen. De vet gedrukte cijfers zijn invoergegevens

	SSM		ANIMO-1497		ANIMO-1483	
	N	P	N	P	N	P
Aanvoer						
kunstmest	221	10,9	222	10,9	222	10,9
eigen drijfmest	129	29,8	86	16,5	86	16,5
weidemest	190	34,7	189	19,8	189	19,8
aangekochte dierlijke mest	229	72,9	229	72,9	229	72,9
depositie	43	0,7	38	0,5	38	0,5
gewasresten	50	4,6	172	15,3	181	15,2
Totaal	862	153,6	936	135,9	945	135,8
Afvoer						
gewasopname	442	41,0	594	63,0	614	64,1
afspoeling	0	0	0	0,0	1	0,0
uitspoeling	71	0	211	2,8	256	2,8
NH ₃ -vervluchting	63	-	97	-	97	-
denitrificatie	110	-	57	-	2	-
accumulatie	175	112,6	-24	70,1	-25	68,9
Totaal	861	153,6	935	135,9	945	135,8
Bodemverliezen²	356	112,6	244	72,9	233	71,7

¹ Ook de ANIMO-balansen in dit hoofdstuk gelden voor de wortelzone! Voor de bewortelingsiepte volgens ANIMO zie tabel 7

² Bodemverliezen = afspoeling + uitspoeling+denitrificatie+accumulatie

Tabel 4b N- en P-balansen voor grasland (plot 1497 en 1483; kg.ha⁻¹) in 1992 volgens SSM en ANIMO, berekend op basis van invoergegevens uit de watersysteemverkenningen. De vet gedrukte cijfers zijn invoergegevens

	SSM		ANIMO-1497		ANIMO-1483	
	N	P	N	P	N	P
Aanvoer						
kunstmest	221	10,9	222	10,9	222	10,9
eigen drijfmest	129	29,8	86	16,5	86	16,5
weidemest	190	34,7	189	19,8	189	19,8
aangekochte dierlijke mest	229	72,9	229	72,9	229	72,9
depositie	43	0,7	43	0,7	43	0,7
gewasresten	50	4,6	167	16,4	173	16,0
Totaal	862	153,6	936	137,2	942	136,8
Afvoer						
gewasopname	442	41,0	561	64,5	592	65,5
afspoeling	0	0	7	0,4	7	0,4
uitspoeling	71	0	274	4,5	363	4,0
NH ₃ -vervluchtiging	63	-	40	-	40	-
denitrificatie	110	-	181	-	3	-
accumulatie	175	112,6	-126	67,8	-62	67,0
Totaal	861	153,6	937	137,2	943	136,9
Bodemverliezen	356	112,6	329	72,3	304	71,0

Tabel 4c N- en P-balansen voor grasland (plot 1497; kg.ha⁻¹), gemiddeld over de jaren 1986-1993, berekend met SSM en ANIMO op basis van invoergegevens uit de watersysteemverkenningen. De vet gedrukte cijfers zijn invoergegevens

	SSM		ANIMO-1497	
	N	P	N	P
Aanvoer				
kunstmest	221	10,9	222	10,9
eigen drijfmest	129	29,8	86	16,5
weidemest	190	34,7	189	19,8
aangekochte dierlijke mest	229	72,9	229	72,9
depositie	43	0,7	43	0,7
gewasresten	50	4,6	162	15,9
Totaal	862	153,6	931	136,7
Afvoer				
gewasopname	442	41,0	575	64,8
afspoeling	0	0	2	0,1
uitspoeling	71	0	208	4,0
NH ₃ -vervluchtiging	63	-	40	-
denitrificatie	110	-	136	-
accumulatie	175	112,6	-33	67,8
Totaal	861	153,6	928	136,7
Bodemverliezen	356	112,6	311	71,8

Aan de aanvoorzijde van de balansen uit de tabellen 4a, 4b en 4c blijkt dat de afwijking in de N uit weidemest klein is. Dit in tegenstelling tot de afwijking in P. De N en P in de op het bedrijf geproduceerde dierlijke mest verschilt aanzienlijk. Dit komt enerzijds door afwijkende uitgangspunten in de WSV-studie voor productie en samenstelling van dierlijke mest en anderzijds door de andere schematisatie op

dit punt. In de WSV-studie zijn 31 LEI-mestregio's onderscheiden. Aan ieder PAWN-district zijn de resultaten van één mestregio toegekend. In werkelijkheid kan de productie en samenstelling van dierlijke mest in de kleinere PAWN-districten afwijken van die in de grotere LEI-mestregio's. Daarnaast wordt voorbijgegaan aan de variatie binnen een PAWN-district, die in het Stofstromenmodel wel tot uiting kan komen.

Naast verschillen in de eigen drijfmest worden de verschillen aan de aanvoorzijde veroorzaakt door verschillen in de post gewasresten. Dit valt te verklaren uit de verschillende definitie die beide modellen voor deze post hanteren. Bij ANIMO is immers in deze post ook de recirculatie van N in stoppel en wortel inbegrepen (fig. 3), terwijl in het SSM alleen gebruiksverliezen uit de oogstbare gewaslaag in beschouwing zijn genomen (fig. 7). De verschillen in deze post zouden weg moeten vallen tegen verschillen in de N-opname door het gewas aan de afvoorzijde. De netto-gewasopname (gedefinieerd als N-opname door het gewas minus de N die wordt teruggevoerd via de gewasresten) blijkt in de gegeven situatie voor het SSM en ANIMO goed overeen te stemmen. Voor N bedraagt de netto-gewasopname berekend door het SSM ($442 - 50 =$) 398 kg.ha^{-1} . De door ANIMO berekende netto N-opname door het gewas voor plot 1497 bedroeg in 1991 en 1992 respectievelijk 422 en 394 kg.ha^{-1} . Voor plot 1483 was dit respectievelijk 433 en 419 kg.ha^{-1} . Op plot 1497 was de netto N-opname door het gewas gemiddeld over 8 jaren 413 kg.ha^{-1} (tabel 4c).

Voor P zijn de verschillen groter. Door het SSM wordt een netto P-opname door het gewas van $(41,0 - 4,6 =)$ $36,4 \text{ kg.ha}^{-1}$ berekend. De door ANIMO berekende netto P-opname door het gewas voor plot 1497 bedroeg in 1991 en 1992 respectievelijk 47,7 en $48,1 \text{ kg.ha}^{-1}$. Voor plot 1483 was dit respectievelijk 48,9 en $49,5 \text{ kg.ha}^{-1}$. Gemiddeld over 8 jaren was de netto N-opname door het gewas: $48,9 \text{ kg.ha}^{-1}$. Net als in de WSV-studie (Boers et al., i.v.) blijkt ANIMO de P-afvoer met het gewas te overschatten.

De verschillen in ammoniakvervluchtiging tussen de resultaten berekend met het SSM en ANIMO kunnen worden herleid tot verschillen in de hoeveelheden eigen drijfmest en weidemest en aannames rond emissiepercentages van urine, faeces en drijfmest. De daling van de ammoniakvervluchtiging bij ANIMO in 1992 ten opzichte van 1991 kan worden verklaard uit de aanname dat een groter deel van de mest via emissie-arme toedieningsmethoden werd toegediend.

Daarnaast bestaan aan de afvoorzijde van de balans grote verschillen tussen beide modellen, m.b.t. de posten denitrificatie, uitspoeling en accumulatie. Dit is vooral een verschil in de verdeling over de verlies- en voorraadposten als gevolg van de verschillen in berekeningswijze. De som van de drie posten verschilt dan ook minder sterk (zie onderste regel van de tabellen: bodemverliezen is de som van afspoeling, uitspoeling, denitrificatie en accumulatie). Daarnaast is de verdeling over de verschillende verliesposten in ANIMO sterk jaarafhankelijk en plotafhankelijk. Het jaareffect (weer) blijkt groter dan het ploteffect (bodem).

De accumulatie van P is in de berekeningen door het SSM hoger dan bij ANIMO. Dit komt door de hogere aanvoer van eigen dierlijke mest en de lagere afvoer in het geoogst gewas bij het SSM. Bovendien berekent het SSM geen P-uitspoeling.

Conclusie

Uit de berekeningen blijkt dat het mogelijk is het SSM met dezelfde invoergegevens te voeden als ANIMO. Uit de resultaten blijkt ook dat de modellen op een aantal punten in beperkte mate verschillen: netto N-opname door het gewas en hoogte van de bodemverliezen. Op andere punten zijn de verschillen echter groot: N- en P-aanvoer van dierlijke mest, netto P-opname, verdeling van bodemverliezen en het jaar- en bodemeffect. In het geval van gewasresten betreft het niet alleen de hoogte, maar ook de inhoud van het cijfer. Dit maakt een directe koppeling van beide modellen moeilijk.

Indien beide modellen echter zelfstandig berekeningen uitvoeren en er uitsluitend sprake is van uitwisseling van gegevens dan kunnen de modellen elkaar versterken. Het SSM is sterker op het punt van (netto-)opname en productie en samenstelling - van dierlijke mest, ANIMO is sterker in de verdeling van bodemverliezen en het jaar- en bodemeffect.

6.3 Snijmaïs

Voor snijmaïs is een soortgelijke exercitie verricht als voor grasland. Voor snijmaïs zijn berekeningen uitgevoerd voor de plots 1498 en 1484 uit de WSV-studie (Boers et al., 1997). Beide plots zijn zandgronden uit het Schuitenbeekgebied maar zijn hydrologisch verschillend (tabel 7). Plot 1498 heeft grondwatertrap V* en is dus natter dan plot 1484 met grondwatertrap VII.

Bij de vergelijking is de aanvoer van kunstmest, depositie en drijfmest gelijk gesteld aan de invoergegevens uit WSV (Boers et al., 1997). De resultaten voor 1991 en 1992 zijn weergegeven in de tabellen 5a en 5b. Voor plot 1498 is bovendien een achtjarig gemiddelde (periode 1986-1993) berekend (tabel 5c).

Omdat met uitzondering van de posten gewasresten en depositie de invoer gelijk is gehouden zijn de verschillen in totale N- en P-aanvoer gering. Hoewel de post gewasresten bij beiden ongeveer gelijk is, is de inhoud ervan verschillend. Bij het SSM betreft het oogst en transportverliezen. Bij ANIMO zitten ook de afstervingsverliezen tijdens de groei van het gewas in deze post. Als de gewasopname wordt gecorrigeerd voor de terugvoer in gewasresten dan is de netto opname door het gewas in beide modellen gemiddeld over 8 jaren ongeveer gelijk.

De verschillen in ammoniakvervluchtiging tussen de resultaten berekend met het SSM en ANIMO kunnen worden herleid tot verschillen in de aannames rond de samenstelling van de drijfmest en het gehanteerde emissiepercentage bij toediening van de drijfmest. De daling van de ammoniakvervluchtiging bij ANIMO in 1992 ten

opzichte van 1991 kan worden verklaard uit de aanname dat een groter deel van de mest via emissie-arme toedieningsmethoden werd toegediend.

Tabel 5a N- en P-balansen voor snijmaïs (plot 1498 en 1484; kg.ha⁻¹) in 1991 volgens SSM en ANIMO, berekend op basis van invoergegevens uit de watersysteemverkenningen. De vet gedrukte cijfers zijn invoergegevens

	SSM		ANIMO-1498		ANIMO-1484	
	N	P	N	P	N	P
Aanvoer						
kunstmest	85	8,7	85	8,7	85	8,7
aangevoerde dierlijke mest	792	152,8	793	152,8	793	152,8
depositie	44	0,7	38	0,5	38	0,5
gewasresten	72	10,6	74	10,6	74	10,6
Totaal	993	172,8	990	172,6	990	172,6
Afvoer						
gewasopname	312	46,0	335	50,7	351	50,7
afspoeling	0	0	0	0,0	0	0,0
uitspoeling	282	0	299	38,2	656	66,8
NH ₃ -vervluchtiging	39	-	149	-	149	-
denitrificatie	28	-	234	-	4	-
accumulatie	331	126,8	-27	83,9	-171	55,3
Totaal	992	172,8	990	172,8	989	172,8
Bodemverliezen	641	126,8	506	122,1	489	122,1

Tabel 5b N- en P-balansen voor snijmaïs (plot 1498 en 1484; kg.ha⁻¹) in 1992 volgens SSM en ANIMO, berekend op basis van invoergegevens uit de watersysteemverkenningen. De vet gedrukte cijfers zijn invoergegevens

	SSM		ANIMO-1498		ANIMO-1484	
	N	P	N	P	N	P
Aanvoer						
kunstmest	85	8,7	85	8,7	85	8,7
aangevoerde dierlijke mest	792	152,8	793	152,8	793	152,8
depositie	44	0,7	44	0,7	44	0,7
gewasresten	72	10,6	72	10,4	74	10,6
Totaal	993	172,8	994	172,6	996	172,8
Afvoer						
gewasopname	312	46,0	345	51,3	343	52,2
afspoeling	0	0	4	0,2	4	0,2
uitspoeling	282	0	453	62,8	661	85,8
NH ₃ -vervluchtiging	39	-	34	-	34	-
denitrificatie	28	-	365	-	11	-
accumulatie	331	126,8	-207	58,5	-57	34,5
Totaal	992	172,8	994	172,8	996	172,7
Bodemverliezen	641	126,8	611	121,3	615	120,3

Tabel 5c N- en P-balansen voor snijmaïs (plot 1498; kg.ha⁻¹), gemiddeld over de jaren 1986-1993, berekend met SSM en ANIMO op basis van invoergegevens uit de watersysteem-verkenningen. De *vet gedrukte cijfers zijn invoergegevens*

	SSM		ANIMO-1497	
	N	P	N	P
Aanvoer				
kunstmest	85	8,7	85	8,7
aangevoerde dierlijke mest	792	152,8	793	152,8
depositie	44	0,7	38	0,5
gewasresten	72	10,6	73	10,6
Totaal	993	172,8	989	172,6
Afvoer				
gewasopname	312	46,0	322	49,8
afspoeling	0	0	1	0,1
uitspoeling	282	0	340	47,0
NH ₃ -vervluchtiging	39	-	34	-
denitrificatie	28	-	326	-
accumulatie	331	126,8	-33	76,0
Totaal	992	172,8	990	172,9
Bodemverliezen	641	126,8	633	123,0

Aan de afvoerszijde van de N-balans treden grote verschillen op tussen beide modellen rond de posten denitrificatie, uit- en afspoeling en accumulatie. Dit is vooral een verschil in de verdeling over de verlies- en voorraadposten als gevolg van de verschillen in berekeningswijze tussen beide modellen. De som van de vier posten verschilt dan ook minder sterk (zie onderste regel van de tabellen: bodemverliezen is de som van afspoeling, uitspoeling, denitrificatie en accumulatie). Daarnaast is de verdeling over de verschillende verliesposten in ANIMO sterk afhankelijk van het jaar en de plot. Het jaareffect (weer) blijkt groter dan het ploteffect (bodem).

Het SSM berekent geen P-uitspoeling. De uitspoeling volgens de berekeningen met ANIMO voor plot 1498 bedraagt gemiddeld over 8 jaar bijna 50 kg.ha⁻¹ jaar⁻¹ (tabel 5c). Deze P-uitspoeling is erg hoog, maar dat is het gevolg van de geringere profieldiepte waarvoor de ANIMO-balans geldt. Voor de vergelijking met het SSM is met de wortelzone gerekend, normaal worden met ANIMO diepere profielen doorgerekend. De som van accumulatie en uitspoeling van P is bij beide modellen nagenoeg gelijk.

Conclusie

Voor snijmaïs kunnen we dezelfde conclusies trekken als voor gras. Er is hier echter niet met de interne nutriëntenkringloop op het bedrijf gerekend, waardoor we geen conclusies kunnen trekken over productie en samenstelling van dierlijke mest.

6.4 Bedrijf

Het SSM rekent op bedrijfsniveau en aggregeert de resultaten vervolgens naar grids van $500 * 500 \text{ m}^2$ (25 ha). Hierna kan eventueel verder worden geaggregeerd naar een hoger ruimtelijk niveau. ANIMO rekent voor plots van gemiddeld 750 ha. Een plot onderscheidt zich door landgebruik en bodemkundige- en hydrologische karakteristieken. Het bedrijfsniveau wordt dus overschaduwd door de schematisatie van andere kenmerken.

Voor de berekeningen is een denkbeeldig gemiddeld bedrijf voor het Schuitenbeekgebied gedefinieerd op basis van de gemiddelde veebezetting en de gemiddelde areaalverhouding gras-maïs (78-22%). Hierbij zijn in het SSM interacties tussen beide gewassen op bedrijfsniveau opgenomen, en is de gewasbalans uitgedraaid op bedrijfsniveau (tabel 6: SSM-bedrijf). Daarnaast zijn de resultaten van het perceelsniveau (tabel 4b en 5b) voor het SSM (tabel 6: SSM-78/22) en ANIMO gewogen gemiddeld op basis van de verhouding tussen gras- en snijmaïspercelen.

Tabel 6 N-balans ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) van een denkbeeldig melkveebedrijf met 78% grasland (plot 1497, tabel 4b) en 22% snijmaïs (plot 1498, tabel 5b) in 1992, berekend met SSM en ANIMO op basis van invoergegevens uit de watersysteemverkenningen. Invoergegevens zijn vet afgedrukt

	SSM		ANIMO
	bedrijf	78/22	
Aanvoer			
kunstmest	191	191	192
eigen drijfmest	95	101	67
weidemest	134	148	147
aangekochte dierlijke mest	352	352	353
depositie	43	43	43
gewasresten	52	55	146
Totaal	867	890	948
Afvoer			
gewasopname	407	413	513
afspoeling	0	0	6
uitspoeling	110	117	313
NH ₃ -vervluchtiging	53	58	39
denitrificatie	87	92	221
accumulatie	210	209	-144
Totaal	867	889	948
Bodemverliezen	407	418	390

De berekening op bedrijfsniveau voegt in het geval van ANIMO en SSM 78/22 geen wezenlijk nieuwe informatie toe. Het resultaat is immers verkregen door gewogen middeling van de eerder gepresenteerde balansposten voor grasland- en snijmaïspercelen. Bij de berekening onder SSM-bedrijf is de voeding van het vee aangepast aan het op het bedrijf geproduceerde ruwvoer (gras/snijmaïs). Dit beïnvloedt de N-opname door het vee, daarmee de N-excretie en tenslotte ook de gewasproductie. Voor de N-balans heeft dit tot gevolg dat de hoeveelheid N in de eigen drijfmest en weidemest wat lager worden en de verliezen via uitspoeling, denitrificatie en ammoniakvervluchtiging enigszins afnemen. Grote verschuivingen t.o.v. het beeld dat wordt verkregen bij gewogen middelen doen zich in dit specifieke geval echter

niet voor. Dat zou anders zijn geweest voor een bedrijf met een van het gemiddelde afwijkende gras-maïs verhouding, bijvoorbeeld een puur grasbedrijf (tabel 4b: SSM). Uit de vergelijking van de resultaten van het SSM van tabel 6 met de resultaten van het SSM uit tabel 4b blijkt een duidelijk andere verdeling van aan- en afvoerposten. Let op de hogere post aangevoerde drijfmest in tabel 6, waardoor de uitspoeling in tabel 6 ondanks minder eigen mest toch hoger uitvalt!

Conclusie

De meerwaarde van de bedrijfsbenadering van het SSM komt vooral tot uiting bij bedrijven, die van het gemiddelde bedrijf in het bestudeerde gebied afwijken. Zij kan dus een belangrijke bijdrage leveren aan het weergeven van de spreiding van de (milieu)belasting over deelgebieden.

6.5 Regio

In deze paragraaf bespreken we de resultaten van de berekeningen op regionaal niveau. Hierbij is voor het eerst het Stofstromenmodel ingezet in plaats van het bedrijfsmodel. Het Stofstromenmodel is daarbij voorzien van de parameters voor het jaar 1992. Dit betekent dat het SSM nu niet meer voor een gemiddeld bedrijf rekent, maar voor de afzonderlijke bedrijven uit het voorbeeldgebied. Er is nu dus rekening gehouden met de variatie tussen de bedrijven. Verder betekent dit ook dat de resultaten van het SSM nu zijn geijkt aan praktijkcijfers uit het voorbeeldgebied. De berekeningen met ANIMO zijn net als in de vorige paragrafen gebaseerd op de plots uit de WSV-studie. De resultaten van de plots die voorkomen in het voorbeeldgebied zijn gewogen gemiddeld tot een gebiedsresultaat voor de vergelijking met het SSM.

Er vinden twee vergelijkingen plaats. Bij de eerste vergelijking (par. 6.5.1) maken we rechtstreeks gebruik van de resultaten van ANIMO uit de WSV-studie. In dit geval is dus gerekend met de bemesting uit de WSV-studie, die afwijkt van de bemesting volgens het SSM. Het doel hiervan is vooral om de invoer (bemesting) van WSV met het SSM te vergelijken. Bij de tweede vergelijking (par. 6.5.2) hebben we ANIMO laten rekenen met de bemesting volgens het SSM. Hierdoor kunnen we nagaan in hoeverre verschillende resultaten van ANIMO en het SSM het gevolg zijn van verschillen in invoer dan wel van verschillen in de berekeningen.

Als voorbeeldgebied hebben we het Schuitenbeekgebied gekozen (west 164 km, oost 176 km, noord 475,5 km, zuid 468 km). Totaal valt binnen deze coördinaten 3512 ha cultuurgrond (Landbouwtelling, 1992) waarvan 2808 ha grasland en 576 ha maïsland. Het betreft 452 landbouwbedrijven (249 graasdierbedrijven, 108 hokdierbedrijven, 6 akkerbouwbedrijven, 4 bedrijven met overige teelten en 85 overige, veelal gemengde bedrijven). In dit gebied komen naast de eerder gebruikte plots ook andere plots uit de WSV-studie voor (tabel 7). Met ANIMO is in totaal gerekend met 2429 ha grasland en 274 ha snijmaïs. Het verschil in totaal areaal tussen ANIMO en het SSM is een gevolg van niet exact overeenstemmende gebiedsgrenzen en de afwij-

kende schematisatie (plot versus bedrijf) en bronnen (LGN versus Landbouwtelling) voor het bodemgebruik.

Tabel 7 Overzicht van de grasland- en snijmaïplots uit de WSV-studie die zijn toegekend aan het Schuitenbeekgebied

Plotnr.	Areaal (ha)	Areaal (%)	Bodemtype (WSV-code ¹)	Gt	Wortelzone (cm)
<i>Grasland</i>					
1456	25	1	7	VII*	25
1458	199	8	9	VII*	50
1465	100	4	12	VII*	50
1469	194	8	14	VII*	25
1481	42	2	7	VI	25
1483	1462	60	12	VII*	50
1497	406	17	12	V*	50
<i>Snijmaïs</i>					
1459	46	17	9	VII*	50
1470	27	10	14	VII*	25
1484	126	46	12	VII	75
1498 ²	<25	0	12	V*	75
1513	75	27	13	VI	25

¹ Zie aanhangsel 2

² Deze plot is wel doorgerekend, maar telt niet mee in het Schuitenbeekgebied

Bij de berekeningen met het SSM voor het Schuitenbeekgebied is gebruik gemaakt van het LEI-Bedrijveninformatienet om de resultaten van het SSM aan praktijkcijfers te ijken. De variatie in inputs tussen bedrijven betreft de kunstmestgift op grasland en maïsland, het beweidingssysteem en de aanvoer van dierlijke mest. De variatie in de kunstmestgift op grasland is bijvoorbeeld weergegeven door op basis van gegevens uit het LEI-Bedrijveninformatienet een relatie te schatten met de intensiteit van het bedrijf (melkquotum per ha), de bedrijfsoppervlakte (gras en maïs) en de beschikbare stikstof uit dierlijke mest van de intensieve veehouderij. De kunstmestgift op maïsland hangt af van het bedrijfstype. Het beweidingssysteem op een bedrijf is afhankelijk van staltype en veebezetting (uitgedrukt in aantal melkkoeien per ha). De aanvoer van dierlijke mest is afhankelijk van het bedrijfstype en de acceptatie van dierlijke mest. Daarbij is de acceptatie in het centraal zandgebied als uitgangspunt genomen Leneman et al., i.v.

6.5.1 Verschillende bemestingscijfers

Met het SSM is de mestproductie berekend op basis van de aanwezige dieren (graasdieren plus intensieve veehouderij), arealen van de verschillende gewassen en gegevens rond aan- en afvoer van mest uit het gebied. Voor ANIMO zijn de cijfers uit de WSV-studie gebruikt.

Tabel 8 De gemiddelde N-balans (kg.ha⁻¹) voor grasland en snijmaïs in het Schuitenbeekgebied volgens het SSM op basis van eigen invoer, en volgens ANIMO op basis van de bemestingsgegevens uit de watersysteemverkenningen

	Grasland		Snijmaïs	
	ANIMO	SSM	ANIMO	SSM
Aanvoer				
kunstmest	224	223	85	57
eigen + aangevoerde dierlijke mest	307	358	793	496
weidemest	188	133	-	-
depositie	44	49	44	49
gewasresten	165	pm	74	pm
Totaal	928	750	996	602
Afvoer				
gewasopname	563	378	332	132
afspoeling	6	0	5	0
uitspoeling	353	281	644	443
NH ₃ -vervluchting	39	31	34	17
denitrificatie	33	46	10	49
accumulatie	-65	32	-30	-39
Totaal	929	750	995	602
Bodemverliezen	327	359	624	453

Op grasland blijkt de totale N-aanvoer in kunstmest en dierlijke mest voor beide modellen ongeveer gelijk (tabel 8). Gesommeerd over kunstmest, weidemest en drijfmest was het verschil op grasland tussen het SSM (714) en ANIMO (719) slechts 5 kg.ha⁻¹ N. De afwijking in de verdeling over weide- en drijfmest wordt veroorzaakt door verschillen in het aangenomen beweidingssysteem tussen de modellen. Door kleine verschillen in de gewasopname is de som van voorraadvorming en verlies op grasland ook ongeveer gelijk (SSM 359 en ANIMO 327).

Op snijmaïs berekent het SSM een duidelijk lagere bemesting. Het verschil tussen het SSM (553) en ANIMO (878) bedraagt 325 kg.ha⁻¹ N. Vooral hierdoor zijn ook de verschillen in bodemverliezen voor snijmaïs groter (SSM 453 vs. ANIMO 624 kg.ha⁻¹ N). Het verschil in bodemverliezen is echter kleiner dan het verschil in aanvoer als gevolg van het grote verschil in gewasopname, dat opvalt aan de afvoerszijde van de balans. Indien voor de gewasresten wordt gecorrigeerd is de netto N-opname door het gewas bij ANIMO een factor twee hoger dan die van het SSM. Door het ijken van het SSM op praktijkcijfers nemen de verschillen in de netto N-opname van snijmaïs dus sterk toe (vergelijk met tabel 5). Bij de ijking wordt de berekende drogestofproductie beter afgestemd (i.c. verlaagd) met hetgeen in de praktijk wordt waargenomen. Omdat de gewasopbrengst bij ANIMO juist iets toeneemt ten opzichte van de berekeningen voor perceelsniveau wordt een factor twee verschil waargenomen in de netto N-opname van snijmaïs. Dit verschil in gewasopname heeft ook gevolgen voor de bodemverliezen van N. Deze verschillen zijn ook hoger dan in paragraaf 6.3 was waargenomen.

Conclusie

Op regioniveau berekent de WSV-studie als gevolg van afwijkende uitgangspunten en schematisatie voor maïs een veel hogere bemesting dan het SSM. Daarnaast berekent ANIMO een veel hogere gewasopname van maïs dan het SSM. Het verschil in gewasopname is op regioniveau groter dan bij de berekeningen op perceelsniveau door de correctie van de drogestofproductie van maïs in het SSM na ijking. Voor grasland zijn de verschillen klein.

6.5.2 Gelijke bemestingscijfers

In deze paragraaf is in tegenstelling tot de eerdere berekeningen de invoer voor ANIMO aangepast aan de uitvoer van het SSM. Hiervoor is een aparte procedure ontwikkeld (aanhangsel 1). Per plot is de gemiddelde nutriëntenaanvoer berekend op basis van de resultaten van het SSM per bedrijf. Ter vergelijking is ook steeds de ANIMO balans weergegeven uit de vorige paragraaf op basis van de WSV-studie. De vergelijkingen zijn uitgevoerd voor grasland en snijmaïs.

Grasland

Als we ANIMO toepassen met invoergegevens aangeleverd door het SSM (tabel 9: ANIMO-SSM), neemt de aanvoer via eigen en aangevoerde drijfmest toe ten opzichte van de resultaten uit de WSV (ANIMO-WSV). De aanvoer via weidemest neemt echter af. Dit hangt samen met verschillen tussen beide rekenmethoden in het aangenomen beweidingssysteem. De totale bodembelasting (exclusief depositie en ammoniakvervluchtiging) in ANIMO-WSV bedraagt $680 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ N}$. Worden de het SSM gegevens gebruikt dan neemt dit toe tot 690 kg.ha^{-1} . Dit geringe verschil zet zich voort in de afvoerposten.

Conclusie

Het verschil tussen ANIMO-WSV en het SSM wordt voor grasland grotendeels veroorzaakt door de verschillen in berekening, want de verschillen in invoer zijn relatief gering.

*Tabel 9 De gemiddelde N-balans (kg.ha⁻¹) voor grasland in het Schuitenbeekgebied, volgens ANIMO, op basis van bemestingsgegevens uit de WSV (ANIMO-WSV) en berekeningen met het SSM (ANIMO-SSM). Ter vergelijking is nogmaals het resultaat van SSM op basis van eigen invoer uit tabel 8 weergegeven. **Vette cijfers is invoer***

	ANIMO-WSV	ANIMO-SSM	SSM
Aanvoer			
kunstmest	224	222	223
eigen + aangevoerde dierlijke mest	307	358	358
weidemest	188	134	133
depositie	44	44	49
gewasresten	165	167	pm
Totaal	928	925	750
Afvoer			
gewasopname	563	571	378
afspoeling	6	6	0
uitspoeling	353	356	281
NH ₃ -vervluchtiging	39	24	13
denitrificatie	33	32	46
accumulatie	-65	-64	32
Totaal	929	925	750
Bodemverliezen	321	324	359

*Tabel 10 De gemiddelde N-balans (kg.ha⁻¹) voor snijmaïs in het Schuitenbeekgebied, volgens ANIMO, op basis van bemestingsgegevens uit de WSV (ANIMO-WSV) en berekeningen met het SSM (ANIMO-SSM). Ter vergelijking is nogmaals het resultaat van SSM op basis van eigen invoer uit tabel 8 weergegeven. **Vette cijfers is invoer***

	ANIMO-WSV	ANIMO-SSM	SSM
Aanvoer			
kunstmest	85	57	57
eigen + aangevoerde dierlijke mest	793	520	496
depositie	44	44	49
gewasresten	74	73	pm
Totaal	996	694	602
Afvoer			
gewasopname	332	315	132
afspoeling	5	4	0
uitspoeling	644	378	443
NH ₃ -vervluchtiging	34	23	17
denitrificatie	10	8	49
accumulatie	-30	-33	-39
Totaal	995	695	602
Bodemverliezen	624	353	453

Snijmaïs

Zoals reeds is gebleken in de vorige paragraaf is de N-aanvoer via kunstmest en drijfmest op basis van het SSM (tabel 10: ANIMO-SSM) lager dan de N-aanvoer volgens de WSV (ANIMO-WSV). Het verschil in de totale bodembelasting (exclusief depositie en ammoniakvervluchtiging) bedraagt 290 kg.ha⁻¹ N. Deze lagere N-aanvoer komt vooral tot uiting in een lagere uitspoeling en in mindere mate een lagere N-opname door het gewas.

De verschillen in gewasopname tussen ANIMO-WSV en het SSM zijn grotendeels terug te voeren op de verschillen in de berekening en in mindere mate op het verschil in invoer. Het verschil in de berekening van de gewasopname en het verschil in aanvoer verklaren het verschil in bodemverliezen tussen ANIMO-SSM en het SSM. Het verschil in bodemverliezen tussen ANIMO-WSV en het SSM wordt dus verklaard door het verschil in bemesting bij de invoer in combinatie met de hogere gewasopname volgens ANIMO bij de berekening. Net als bij het perceelsniveau wordt ook hier de verdeling van de verliesposten door het SSM anders berekend.

Conclusie

Het verschil in bodemverliezen tussen ANIMO-WSV en het SSM wordt voor maïs-land zowel veroorzaakt door de verschillen in invoer als door het verschil in de berekening van de gewasopname. Ook bij gelijke invoer zou er een groot verschil resterend in gewasopname en daardoor ook in verliesposten.

6.6 Afzonderlijke bedrijven in de regio

Een mogelijke andere oorzaak van de verschillen in uitkomsten tussen beide modellen die na gelijkstelling van de modelinvoer nog optreden (vorige paragraaf, ANIMO-SSM vs het SSM), kan zijn gelegen in verschillen in ruimtelijke schematisatie voor de beide modellen. Het SSM rekent op bedrijfsniveau en aggregereert de resultaten van deze berekeningen naar een hoger ruimtelijk niveau. De ruimtelijke schematisatie voor ANIMO wordt bepaald door andere factoren, namelijk de combinatie van gewas, bodem en hydrologie.

Om de invloed van verschillen tussen bedrijven te illustreren zijn de totale bodembelasting (exclusief depositie en ammoniakvervluchtiging) van grasland en snijmaïs van bedrijven gelegen in het Schuitembeekgebied berekend. De figuren 11 en 12 geven hiervan een beeld voor respectievelijk grasland en snijmaïs. Voor een aantal punten (bedrijven) uit beide figuren zijn vervolgens berekeningen uitgevoerd met ANIMO. De resultaten van deze berekeningen zijn gegeven in tabel 11 en tabel 12 en grafisch weergegeven in de figuren 13 en 14.

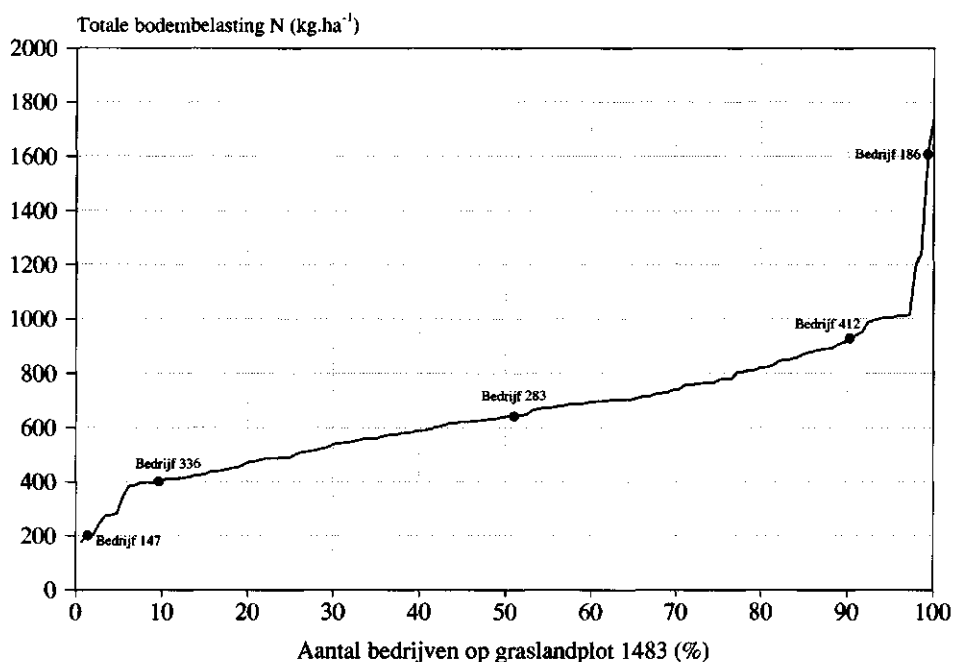


Fig. 11 Cumulatieve frequentieverdeling van de totale bodembelasting (kg.ha⁻¹ N) op graslandplot 1483 in het Schuitenbeekgebied. De vijf aangegeven bedrijven zijn doorgerekend met ANIMO

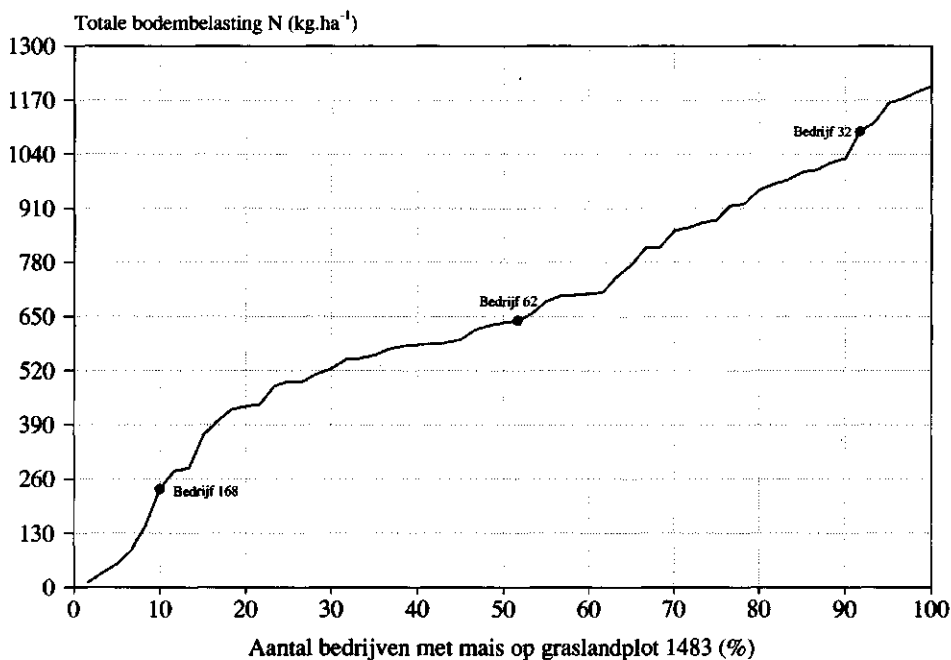


Fig. 12 Cumulatieve frequentieverdeling van de totale bodembelasting (kg.ha⁻¹ N) op snijmaïs op plot 1483¹ in het Schuitenbeekgebied. De drie aangegeven bedrijven zijn doorgerekend met ANIMO

¹ In de WSV-studie is het overheersende bodemgebruik aan een plot toegekend. In werkelijkheid komt op een graslandplot ook maïs voor.

Tabel 11 N-balansen (kg.ha⁻¹) volgens ANIMO voor grasland op vijf bedrijven in het Schuitembeekgebied op plot 1483 met verschillende totale bodembelasting (N). Aangegeven is het percentage bedrijven met een lagere totale bodembelasting op grasland

Bedrijf	147	336	283	412	186
Areaal gras (ha)	6	6	11	16	1
Totale bodembelasting	1%	10%	50%	90%	99%
Aanvoer					
kunstmest	188	126	182	237	608
drijfmest plus weidemest	12	275	484	726	1097
depositie	43	43	43	43	43
gewasresten	95	146	171	201	333
Totaal	346	590	880	1207	2081
Afvoer					
gewasopname	352	492	591	657	1025
afspoeling	4	3	6	8	20
uitspoeling	68	130	328	523	970
NH ₃ -vervluchting	0,3	9	31	41	98
denitrificatie	2	2	2	3	3
accumulatie	-81	-47	-78	-24	-34
Totaal	345	589	880	1208	2082
Bodemverliezen ¹⁾	-11	85	252	502	939

¹⁾ In deze paragraaf uitspoeling + denitrificatie + accumulatie

Tabel 12 N-balansen (kg.ha⁻¹) volgens ANIMO voor snijmaïs op drie bedrijven in het Schuitembeekgebied op plot 1483 met verschillende totale bodembelasting (N). Aangegeven is het percentage bedrijven met een lagere totale bodembelasting op snijmaïs

Bedrijf	168	62	32
Areaal maïs (ha)	2	4	3
Totale bodembelasting	10%	50%	90%
Aanvoer			
kunstmest	81	162	122
drijfmest	166	509	1013
depositie	43	44	44
gewasresten	68	74	74
Totaal	358	789	1253
Afvoer			
gewasopname	304	338	352
afspoeling	3	6	6
uitspoeling	124	498	826
NH ₃ -vervluchting	7	30	40
denitrificatie	4	4	23
accumulatie	-84	-86	5
Totaal	358	790	1252
Bodemverliezen	44	416	854

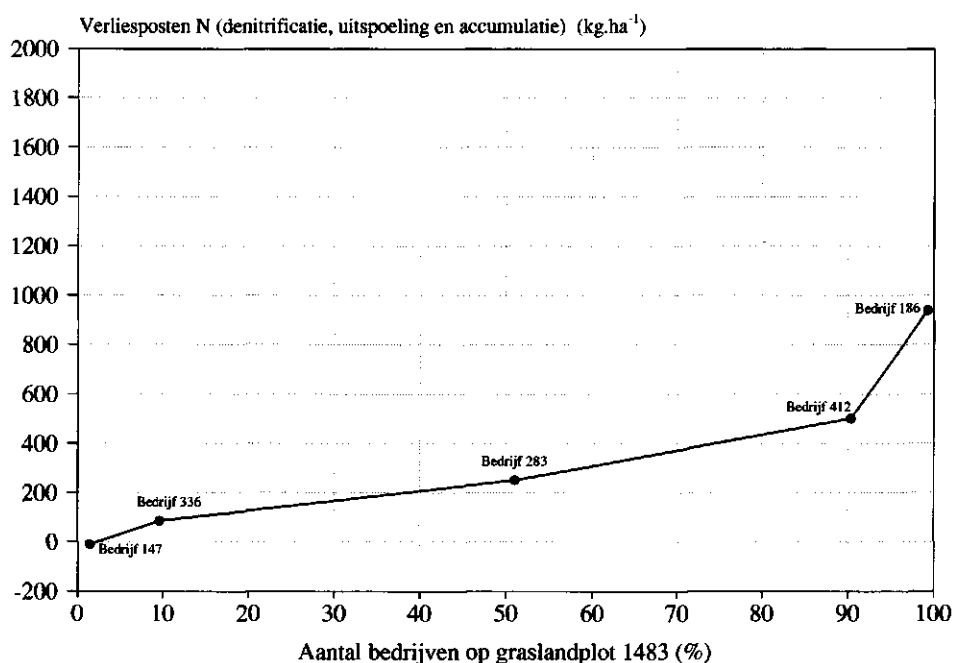


Fig. 13 De verliesposten (kg.ha⁻¹ N) op grasland van de vijf geselecteerde bedrijven in het Schuitenbeekgebied op plot 1483

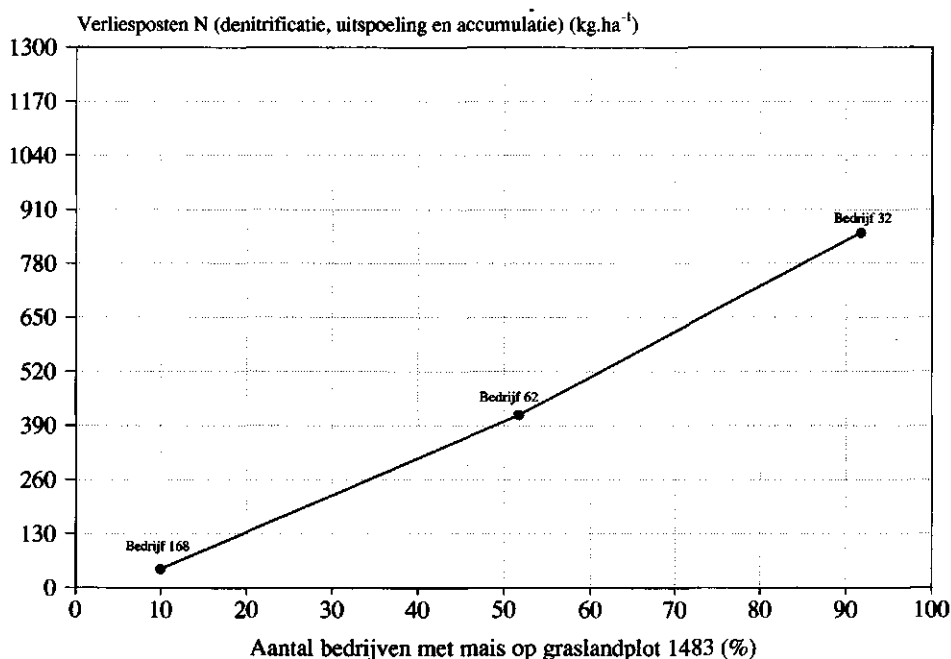


Fig. 14 De verliesposten (kg.ha⁻¹ N) op snijmaïs van de drie geselecteerde bedrijven in het Schuitenbeekgebied op plot 1483

Grasland

De totale bodembelasting (N) op grasland van 124 bedrijven op graslandplot 1483 varieert tussen 200 en 1700 kg N per ha (fig. 11). Hierbij is de totale bodembelasting (N) gedefinieerd als de gegeven kunstmest-N plus de N in organische mest (zowel

drijfmest als weidemest) minus de ammoniakvervluchtiging uit organische mest. De mediaan van de totale bodembelasting (N) bevindt zich volgens figuur 11 op ongeveer 620 kg N per ha. Uit deze figuur zijn een aantal bedrijven gekozen die representatief worden geacht voor bedrijven met de 1% en 10% laagste totale bodembelasting (N) en de 1% en 10% hoogste N-belasting (respectievelijk aangeduid als 99% en 90%). Daarnaast is een bedrijf met een mediane totale bodembelasting (N) (50%) doorgerekend. De resultaten van de berekeningen zijn gegeven in tabel 11.

De grote verschillen tussen bedrijven in de totale bodembelasting (N) hebben uiteraard ook gevolgen voor de posten aan de afvoorzijde van de balans (tabel 11). Opvallend daarbij is dat de gewasopname lineair toeneemt met de totale N-aanvoer ($r^2 = 0,99$), zelfs in het traject van 900 (90%) tot 1600 kg.ha⁻¹ N (99%). Dit lijkt niet reëel. Kennelijk overschat ANIMO de opname bij hoge N-giften. Hier zal bij de conceptuele afstemming tussen de modellen (par. 4.2) op moeten worden gelet.

De toename in de verliesposten afspoeling en denitrificatie is bij toename van de N-belasting relatief gering. De toename van de verliezen via ammoniakvervluchtiging kan direkt worden gerelateerd aan de hoeveelheid toegediende dierlijke mest. De verliezen via uitspoeling nemen sterk toe. Ook hier is er een lineair verband met de totale N-aanvoer ($r^2 = 0,99$). Gemiddeld verdwijnt ruim de helft van de extra aangevoerde N via nitraatuitspoeling. Te verwachten valt dat de nitraatuitspoeling in ANIMO meer dan evenredig zal toenemen met de bemesting als de gewasopname bij hoge giften minder toeneemt.

De N-accumulatie vertoont slechts een geringe mutatie, waarbij bovendien geen stijgende of dalende trend kan worden vastgesteld.

In het kader van deze paragraaf is het interessant om na te gaan of aanvoer en verliesposten veranderen met de invoer van bemesting op bedrijfsniveau. Om hiervan een eerste indruk te verkrijgen kan het 50% punt uit tabel 11 worden vergeleken met de waarden in de kolom 'ANIMO-SSM' van tabel 9. (Voor een juiste vergelijking zouden de arealen van de bedrijven in het Schuitembeekgebied erbij moeten worden betrokken. Het zou immers zo kunnen zijn dat bijvoorbeeld juist de bedrijven met een groot areaal grasland een hoge bodembelasting hebben. Dit blijkt echter niet uit tabel 11.)

Hoewel de totale aanvoer en de uitspoeling niet meer dan enkele tientallen kg per ha verschillen, is er wel een flink verschil in de verdeling van de aanvoer over de bemestingsposten en in de totale bodemverliezen. Op grond van de vorm van figuur 13 mogen inderdaad hogere gemiddelde dan mediane (50%) bodemverliezen worden verwacht.

Conclusie

Met de invoer van bemesting op bedrijfsniveau veranderen aan- en afvoerposten. De gemiddelde posten voor een regio hoeven niet overeen te stemmen met die voor een gemiddeld bedrijf. Modelleren van bemesting op bedrijfsniveau maakt het mogelijk

om de spreiding in bodem- en milieubelasting te bestuderen. ANIMO overschat de stikstofopname van gras bij hoge stikstofgiften.

Snijmaïs

De totale bodembelasting (N) op maïsland van 60 bedrijven op graslandplot² 1483 varieert tussen enkele en 1200 kg N per ha. De mediaan van de totale bodembelasting (N) bevindt zich volgens figuur 12 op ongeveer 640 kg N per ha.

Uit deze figuur zijn punten gekozen die representatief zijn voor bedrijven met de 10% laagste en 10% hoogste (90% op de x-as van de grafiek) totale bodembelasting (N) op maïspcelen. Daarnaast is een bedrijf met een mediane totale bodembelasting (N) op maïs (50%) doorgerekend (tabel 12).

De verschillen in de totale bodembelasting (N) tussen bedrijven heeft ook de nodige gevolgen voor de posten aan de afvoerszijde van de balans (tabel 12). De gewasopname neemt in tegenstelling tot bij gras slechts weinig toe. Bij een toename van de totale bodembelasting (N) van 855 kg.ha⁻¹ stijgt de gewasopname met 48 kg.ha⁻¹ N. Ook de toename in afspoeling en denitrificatie is gering. De verliezen via ammoniakvervluchtiging kunnen direct worden gerelateerd aan de hoeveelheid toegediende drijfmest. De N-accumulatie vertoont slechts een geringe mutatie, waarbij bovendien geen duidelijke trend kan worden vastgesteld. De verliezen via uitspoeling nemen daarentegen sterk toe (702 kg.ha⁻¹ N) .

In het kader van deze paragraaf is het interessant om na te gaan of aanvoer en verliesposten veranderen met de invoer van bemesting op bedrijfsniveau. Om hiervan een eerste indruk te verkrijgen kan het 50% punt uit tabel 12 worden vergeleken met de waarden in de kolom 'ANIMO-SSM' van tabel 10. (Voor een juiste vergelijking zouden de arealen van de bedrijven in het Schuivenbeekgebied erbij moeten worden betrokken. Het zou immers zo kunnen zijn dat bijvoorbeeld juist de bedrijven met een groot areaal snijmaïs een hoge bodembelasting hebben. Dit blijkt echter niet uit tabel 12.)

De verschillen in totale bodembelasting (tabel 10: 554, tabel 12: 641 kg.ha⁻¹ N), zijn groter dan voor grasland. Dit heeft ook gevolgen voor de posten aan de afvoerszijde van de balans en dan met name voor de uitspoeling (tabel 10: 378, tabel 12: 498). In tegenstelling tot bij grasland mogen op grond van de vorm van figuur 14 juist lagere gemiddelde dan mediane (50%) bodemverliezen worden verwacht. Waar bij grasland juist de uitschieters naar boven het gemiddelde optrokken, wordt bij snijmaïs het gemiddelde verlaagd doordat de snijmaïs op 10% van de bedrijven vrijwel niet wordt bemest

Conclusie

De resultaten voor snijmaïs bevestigen de conclusies voor grasland.

² In de WSV-studie is het overheersende bodemgebruik aan een plot toegekend. In werkelijkheid komt op een graslandplot ook maïs voor.

6.7 Discussie

Tabel 13 geeft een overzicht van de resultaten van de uitgevoerde berekeningen. Uit de paragrafen 6.2 en 6.3 zijn de resultaten van weerjaar 1992 voor de plots 1497 (gras) en 1498 (maïs) gekozen. Hierdoor blijven verschillen als gevolg van bodem, hydrologie en weerjaar buiten beeld. Een algemene indruk van tabel 13 is dat de verschillen tussen het SSM en ANIMO met uitzondering van snijmaïs op regioniveau meevallen. De verschillen in N-opname van gras en snijmaïs zijn voor een groot deel te verklaren uit verschillen in de definitie en inhoud van het begrip gewasresten tussen beide modellen. De netto N-opname door het gewas komt dan ook meestal goed overeen. Door het ijkken van het SSM op regioniveau nemen de verschillen in de netto N-opname door snijmaïs sterk toe (tabel 13: 6.5, vergelijk tabel 5b met tabel 10). Dit ijkken wordt uitgevoerd om de berekende drogestofproductie beter af te stemmen met hetgeen in de praktijk wordt waargenomen. Hierdoor wordt een factor twee verschil waargenomen in de netto N-opname door snijmaïs.

Tabel 13 Overzicht van de resultaten (kg.ha⁻¹ N) van de voorbeeldberekeningen uit hoofdstuk 6 (zie ook fig. 10). Totale bodembelasting (N in kunstmest plus drijfmest plus weidemest minus de ammoniakvervluchtiging), netto N-opname van het gewas en de som van de bodemverliezen (af- en uitspoeling, denitrificatie plus accumulatie)

Par.	Object	Totale N-belasting		Netto N-opname gewas		Bodemverliezen	
		SSM	ANIMO	SSM	ANIMO	SSM	ANIMO
	<i>perceel</i>						
6.2	grasland	706	686	392	394	356	329
6.3	snijmaïs	838	844	240	273	641	611
	<i>bedrijf</i>						
6.4	78/22	734	727	358	367	418	390
	bedrijf	719	727	355	367	407	390
6.5	<i>regio: grasland</i>						
	verschillende mestgift	686	680	378	398	359	327
	gelijke mestgift	686	690	378	404	359	324
6.5	<i>regio: snijmaïs</i>						
	verschillende mestgift	585	844	132	258	453	624
	gelijke mestgift	585	554	132	242	453	353

Hoewel de verschillen voor N in tabel 13 meevallen overschat ANIMO de gewasopname van N en P, behalve bij grasland dat niet overmatig wordt bemest (tabel 4a en 4b, tabel 5a en 5b en par. 6.6).

Gemiddeld komt de som van accumulatie, denitrificatie en uitspoeling goed overeen (tabel 13). In sommige weerjaren is echter sprake van een duidelijk verschil (tabel 4a en 4b en tabel 5a en 5b). Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in ANIMO wel en in het SSM geen rekening wordt gehouden met verschillen tussen weerjaren.

Hoewel de som van accumulatie, denitrificatie en uitspoeling goed overeen komt tussen beide modellen (tabel 13) wijkt de verdeling van deze som over de verschillende verliesposten sterk af tussen beide modellen. Dit komt omdat het SSM alleen een nitraatoverschot berekend, terwijl in ANIMO het stikstofoverschot verder wordt verdeeld over denitrificatie en uitspoeling naar het grondwater en diverse ontwateringsmiddelen. Deze verdeling is in ANIMO bovendien weerjaarafhankelijk.

Verder wordt de toename van nitraat in oplossing (berging) in ANIMO aan accumulatie toegerekend terwijl deze post bij het SSM in het nitraatoverschot zit. De accumulatie in organische stof wordt in ANIMO over meerdere jaren modelmatig berekend, terwijl het Stofstromenmodel alleen een jaarlijkse balans van organische resten bijhoudt.

Er blijkt een duidelijk verschil te bestaan tussen de berekende bemesting volgens het SSM en die volgens de thans beschikbare methodiek (WSV-studie). Het effect van een geïntegreerde bedrijfsbenadering ten opzichte van areaalgewogen middelen van bemesting, gewasopname, accumulatie en verliesposten op perceelsniveau blijkt beperkt bij toepassing op een groter gebied (tabel 6). Dat is echter niet het geval bij bedrijven die van het gemiddelde afwijken. Tussen bedrijven op één plot bestaan grote verschillen (fig. 11, 12, 13 en 14). Bij areaalgewogen middelen wordt deze spreiding onvoldoende onderkend, wat bovendien leidt tot een afwijking in het resultaat voor een regio als geheel. Dit zal naar verwachting het sterkst gelden voor fosfaat, omdat vooral de fosfaatuitspoeling in een gebied geconcentreerd is op bedrijven met overmatige bemesting op nattere gronden ('hot spots').

Integratie van het SSM en ANIMO blijkt mogelijk. De meerwaarde van deze integratie wordt gevonden in een geijkte bedrijfsspecifieke inschatting van bemesting, beschikbare hoeveelheden drijf- en weidemest, gewasopname en verliesposten, en daarmee ook in het beschrijven van de spreiding tussen bedrijven in een gegeven gebied. Voor het eenvoudig uitvoeren van deze integratie dient de binnen dit project ontwikkelde procedure voor de vertaling van SSM-uitvoer naar ANIMO-invoer te worden geformaliseerd.

In deze studie hebben we ons gericht op de integratie van STONE en het Stofstromenmodel. Het doel daarvan is om de landbouwbedrijfsvoering te vertalen in emissies naar grond- en oppervlaktewater. Voor het doorrekenen van beleidsscenario's zullen daarnaast bedrijfsmodellen nodig zijn voor het beschrijven van de verwachte bedrijfsaanpassingen. Hiermee zullen we bij het vervolg van de integratie van STONE en het Stofstromenmodel rekening moeten houden.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conceptuele vergelijking

In hoofdstuk 4 zijn de knelpunten bij de conceptuele afstemming tussen het Stofstromenmodel en ANIMO in beeld gebracht. Aangegeven is wat mogelijke oplossingen daarvoor zijn. Hier worden de belangrijkste oplossingen als korte aanbevelingen samengevat.

Dierlijke mest en organische stof

Voor de integratie van STONE en het Stofstromenmodel is het nodig de diercategorieën van het Stofstromenmodel in STONE over te nemen. Daarnaast moet de fractionering van dierlijke mest in STONE worden getoetst aan de benadering in het Stofstromenmodel. Zonodig dient de parametrisatie in STONE te worden aangepast. Het Stofstromenmodel moet de organischestofverliezen naar de bodem berekenen, uitgesplitst naar organische koolstof, stikstof en fosfor. Deze verliezen kunnen dan als invoer aan STONE worden aangeboden. Het expliciet modelleren van de koolstofkringloop in het Stofstromenmodel biedt voordelen, maar is niet per sé noodzakelijk.

Gewasreactie op water, stikstof en fosfor

Voor de afstemming tussen de modellen van de gewasreactie op water en stikstof moet het Stofstromenmodel (weer)jaarafhankelijk kunnen rekenen. De gewasreactie op stikstof (gewasproductie en -opname, stikstofleverend vermogen en stikstofterugwinning) van STONE moet aan de resultaten voor het Stofstromenmodel worden getoetst. Zonodig dient de parametrisatie van STONE te worden aangepast. Hierbij moeten we in STONE rekening houden met het graslandgebruik (maaien-weiden), zowel vanwege het effect van gebruiksstadium als van urineplekken. Het is nodig een relatie te leggen met de gewasreactie op fosfor.

De gewasopname van fosfor moet in het Stofstromenmodel afhankelijk worden van de P-toestand van de bodem. Vervolgens moet de P-opname in STONE worden getoetst aan het Stofstromenmodel. Indien nodig zal ook de parametrisatie voor de P-opname in STONE moeten worden aangepast.

7.2 Informatiestromen en schematisatie

In hoofdstuk 5 zijn de belangrijkste knelpunten rond informatiestromen van en naar het Stofstromenmodel en ANIMO in beeld gebracht. Voor de meeste knelpunten is aangegeven wat de meest wenselijke oplossing is, en ook welke alternatieven beschikbaar zijn. In deze paragraaf worden de belangrijkste oplossingen kort samengevat.

Uitgangspunt bij de berekeningen van het Stofstromenmodel en ANIMO zijn grids van $500 * 500 \text{ m}^2$ (25 ha). Het verdient aanbeveling om voorafgaand aan alle berekeningen een gezamenlijk bodemgebruiksbestand te maken, op basis van de hiervoor aanwezige bronnen (Landbouwtelling, LGN-bestand, e.d.), en volgens een nog uit te werken standaardprocedure. Resultaat daarvan is dat voor ieder bedrijf 'bekend' is welk areaal van welk gewas in welk grid ligt. Omgekeerd geldt dat voor alle grond precies 'bekend' is aan welk bedrijf het toebehoort. Dit maakt het gebruik van informatie van het Stofstromenmodel in ANIMO en omgekeerd een stuk eenvoudiger.

Om een goede afstemming tussen het Stofstromenmodel en ANIMO te realiseren op het punt van de gewasproductie in relatie tot de vochthuishouding, verdient het aanbeveling om de informatie die voortkomt uit het hydrologische model dat invoer levert voor ANIMO, ook te gebruiken voor het Stofstromenmodel. Daarmee kan het nu gebruikte bodembestand van het Stofstromenmodel komen te vervallen en wordt de basis gelegd voor het uitvoeren van jaarspecifieke berekeningen met het Stofstromenmodel. Om de gevolgen van een zich wijzigend grondgebruik in toekomst-scenario's goed te modelleren, is het gewenst dat de schematisatie daar zo goed mogelijk op aansluit. Dat houdt in dat er een meer flexibele indeling in ruimtelijke rekeneenheden gemaakt moet worden.

7.3 Voorbeeldberekeningen

Algemeen

Met uitzondering van snijmaïs op regioniveau vallen de verschillen in de resultaten van de voorbeeldberekeningen tussen het Stofstromenmodel en ANIMO mee. Dit geldt met name voor de netto N-opname door het gewas en de hoogte van de bodemverliezen. De verschillen zijn groter voor de N- en P-aanvoer met dierlijke mest, de netto P-opname, de verdeling van bodemverliezen en het effect van weerjaar en bodem. Het verschil in bruto gewasopname is ook groot maar dat hangt samen met de hoogte en inhoud van de post gewasresten die verschilt tussen de beide modellen. Verschillende resultaten tussen ANIMO en het Stofstromenmodel bij de berekening op regioniveau zijn voor grasland vooral het gevolg van de verschillen in de berekening (conceptueel), bij snijmaïs bovendien het gevolg van verschillen in de bemesting (invoer).

Uit de voorbeeldberekeningen blijkt dat het mogelijk is het Stofstromenmodel met dezelfde invoergegevens te voeden als ANIMO. Andersom blijkt het mogelijk uitvoer van het Stofstromenmodel als invoer voor ANIMO te gebruiken. Voor integratie van de modellen dient de hiervoor ontwikkelde procedure te worden geformaliseerd. De verschillen in berekeningswijze tussen de modellen maken een directe koppeling moeilijk. Indien beide modellen echter zelfstandig berekeningen uitvoeren en er uitsluitend sprake is van uitwisseling van gegevens dan kunnen de modellen elkaar versterken. Het Stofstromenmodel is sterker op het punt van gewasproductie, netto-gewasopname van nutriënten en productie, samenstelling en gebruik van dierlijke

mest, ANIMO is sterker in de verdeling en naijling van bodemverliezen, en de beschrijving van bodemeffecten, weereffecten, en dus ook jaareffecten.

Integratie van het Stofstromenmodel en ANIMO blijkt mogelijk. De meerwaarde van de bedrijfsbenadering van het Stofstromenmodel komt vooral tot uiting bij bedrijven, die van het gemiddelde bedrijf in het bestudeerde gebied afwijken. Het gaat om een bedrijfsspecifieke inschatting van bemesting, beschikbare hoeveelheden drijf- en weidemest, gewasopname en verliesposten. De bedrijfsbenadering kan dus een belangrijke bijdrage leveren aan het weergeven van de spreiding van de (milieu)-belasting over deelgebieden. Verder is er een meerwaarde van de toepassing van het Stofstromenmodel door de ijking van relevante bedrijfsparameters aan praktijkcijfers.

Bemesting

Er blijkt een duidelijk verschil te bestaan tussen de berekende bemesting volgens het Stofstromenmodel en die volgens de thans beschikbare methodiek (WSV-studie). Dit verschil komt het meest duidelijk tot uiting bij snijmaïs op regioniveau als gevolg van de ijking in het Stofstromenmodel op de drogestofproductie. Het effect van een geïntegreerde bedrijfsbenadering ten opzichte van gemiddelde bemesting blijkt in het Schuitembeekgebied beperkt. Dat is echter niet het geval bij bedrijven die van het gemiddelde afwijken. Tussen bedrijven binnen één ruimtelijke rekeneenheid bestaan grote verschillen. Bij het toepassen van gemiddelde bemesting wordt deze spreiding onvoldoende onderkend. Het effect hiervan op het regioresultaat is afhankelijk van de vorm van frequentieverdeling van (kunst)mest over de bedrijven.

Gewasopname

De verschillen in bruto N-opname van gras en snijmaïs zijn voor een belangrijk deel te verklaren uit verschillen in de definitie en inhoud van het begrip gewasresten tussen beide modellen. Toch overschat ANIMO de N- en P-opname. De overschatting is gering voor N op normaal bemest grasland, maar in de andere gevallen groot. Bij vergelijking op regioniveau met geijkte resultaten van het Stofstromenmodel nemen de verschillen tussen beide modellen in de netto N-opname door snijmaïs sterk toe.

Bodemverliezen

Gemiddeld komt de som van accumulatie, denitrificatie en uitspoeling van de beide modellen goed overeen. In sommige weerjaren is echter sprake van een duidelijk verschil. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in ANIMO wel en in het Stofstromenmodel geen rekening wordt gehouden met verschillen tussen weerjaren. Hoewel de som goed overeen komt tussen beide modellen wijkt de verdeling over de verschillende verliesposten sterk af tussen beide modellen. Dit komt omdat het Stofstromenmodel alleen een nitraatoverschot berekent, terwijl in ANIMO het stikstofoverschot verder wordt verdeeld over denitrificatie en uitspoeling naar het grondwater en diverse ontwateringsmiddelen. Deze verdeling is in ANIMO bovendien weerjaar-afhankelijk.

Literatuur

Belmans, C., J.G. Wesseling and R.A. Feddes, 1983. Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. *Journal of Hydrology* 63, 3/4: 271-286.

Berghuijs-van Dijk, J.T., P.E. Rijkema and C.W.J. Roest, 1985. *ANIMO: agricultural nitrogen model*. Npta 1671, ICW, Wageningen.

Boers P.C.M., (red.), H.L. Boogaard, J. Hoogeveen, J.G. Kroes, I.G.A.M. Noij (red.), C.W.J. Roest, E.F.W. Ruijgh en J.A.P.H. Vermulst, i.v. *Huidige en toekomstige belasting van het oppervlaktewater met stikstof en fosfaat vanuit de landbouw*. RIZA, SC-DLO, WL. Rapport 532, SC-DLO, Wageningen.

Boers, P.C.M., P.A. Finke, J.J.M. van Grinsven en P. Groenendijk, 1996. *Definitie en haalbaarheid van een interdepartementaal model voor de berekening van nutriëntenemissie naar grond- en oppervlaktewater*. RIVM, RIZA en SC-DLO. Interne mededeling 414, SC-DLO, Wageningen.

Bolt, F.J.E. van de, P. Groenendijk en H.P. Oosterom, 1996. *Nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater in de stroomgebieden van de Beerze, de Reusel en de Rosep. Effecten van bemestingsmaatregelen*. Rapport 306.3, SC-DLO, Wageningen.

Boogaard, H.L. en J.G. Kroes, i.v. GONAT. *National nutriënt simulations with ANIMO 3.5. Technical Document 41*, SC-DLO, Wageningen.

Feddes, R.A., P.J. Kowalik and H. Zaradny, 1978. *Simulation of field water use and crop yield*. Simulation Monographs, PUDOC, Wageningen.

Groenenberg, J.E., C. van der Salm, E. Westein en P. Groenendijk, i.v. *Gevoeligheidsanalyse en beperkte onzekerheidsanalyse van het model ANIMO*. Rapport 446, SC-DLO, Wageningen.

Groot, N.S.P. de, C.P.C. van der Hamsvoort en H. Rutten (red.), 1994. *Voorbij het verleden - drie toekomstbeelden voor de Nederlandse agribusiness, 1990-2015*. Onderzoekverslag 127, LEI-DLO, Den Haag en IKC-Landbouw, Ede.

Hendriks, R.F.A., J.W.H. van der Kolk en H.P. Oosterom. 1994. *Effecten van beheersmaatregelen op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater van peilgebied Bergambacht*. Rapport 272, DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Hennen, W.G.J., 1995. *Detector; knowledge-based systems for dairy farm management support and policy analysis*. Onderzoekverslag 125, LEI-DLO, Den Haag.

Holst, A.F. van, H.R.J. Vroon en B.J. Bles, 1990. *Bodemkundig-agrohydrologisch onderzoek West-Brabant; bodemkundig-hydrologische inventarisatie en*

modelberekeningen van vochttekorten en relatieve opbrengsten. Rapport 42, SC-DLO, Wageningen.

Janssen, B.H., 1984. A simple method for calculating decomposition and accumulation of 'young' soil organic matter. *Plant and Soil* 76: 297-304.

Kolenbrander, G.J., 1969. *De bepaling van de waarde van verschillende soorten organische stof ten aanzien van hun effect op het humusgehalte bij bouwland. C 6988 IB, Haren.*

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 fosfor naar het oppervlaktewater in Nederland. Rapport 55, SC-DLO, Wageningen.*

Leneman, H., E.R. Boons-Prins en M.H.W. Hoogeveen, i.v. *Stofstromen in de Nederlandse Landbouw. Deel 2. Nutriëntenstromen op landbouwbedrijven in de zandgebieden in Nederland. Onderzoeksverslag AB- en LEI-DLO, Den Haag.*

Luesink, H.H., 1993. *Verkenning infrastructurele voorzieningen in 2000 voor mestafzet. Onderzoekverslag 103, LEI-DLO, Den Haag.*

Middelkoop, N., 1989. *Effecten van mest en urine op de productiviteit van grasland. Doctoraal verslag Vakgroep Landbouwplantenteelt en Graslandkunde, LUW, Wageningen.*

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

Noij, I.G.A.M., 1989. *Verfijning N-advies voor grasland naar bodemtype en grondwatertrap. Consulentenschap in Algemene Dienst voor Bodem-, Water en Bemestingszaken in de Veehouderij, Wageningen.*

Noij, Gert-Jan, Louis Beijer, Jelle Zijlstra, A. van den Ham, Frans Verstraten en Hugo Loeffijn, 1995. *Duurzame melkveehouderij op droge grond. Publikatie G25, IKC-Landbouw, Ede.*

Olsthoorn, J., 1992. *Mineralen in de landbouw, 1970-1990, Fosfor, Stikstof, Kalium. Milieustatistieken, CBS publicaties, 's-Gravenhage.*

Oudendag, D.A., 1993. *Reductie van ammoniak, gevolgen van emissiebeperkende maatregelen op nationaal en regionaal niveau. Onderzoekverslag 102, LEI-DLO, Den Haag.*

Putten, A.H.J. van der en H.G. van der Meer, 1994. *Verkenning van streefwaarden voor het overschot op de stikstofbalans van melkveebedrijven. DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek, Rapport 45, 57 p.*

E.P. Querner and P.J.T. van Bakel, 1989. *Description of the regional groundwater flow model SIMGRO*. Report 7, SC-DLO, Wageningen.

Roelsma, J., i.v. NTEGRATE. *Een geïntegreerd stikstofmodel voor de verbetering van de stikstofbemesting op grasland*. Rapport, SC-DLO, Wageningen.

Schoumans, O.F., i.v. *Relation between phosphorus accumulation, soil P levels, and phosphorus leaching*. Report, SC-DLO, Wageningen.

Sluysmans C.M.J. and G.J. Kolenbrander, 1977. The significance of animal manure as a source of nitrogen in soils. *Proc. Int. Sem. Soil Environment and Fert. Management in Intensive Agric. (Tokyo)*: 403-449.

Thunnissen, H.A.M., R. Olthof, P. Getz en L. Vels, 1992. *Grondgebruiksdatabank van Nederland vervaardigd met behulp van Landsat Thematic Mapper opnamen*. Rapport 168, SC-DLO, Wageningen.

Vellinga, T.V., M. Mooij en A.H.J. van der Putten, 1996. De invloed van bemesting en graslandgebruik op de uitspoeling van nitraat. *Meststoffen 1996*: 11-18, NMI, Wageningen.

Vellinga, Th.V., J. Roelsma, Sj. Conijn en J.G. Wesseling, i.v. *Technische documentatie van het programma Ntegrate*. Intern PR-rapport, PR, Lelystad

Vertregt en Rutgers, 1987. *Ammonia Volatilization from grazed pastures*. Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, Rapport 84, 37 p.

Aanhangsel 1 Procedure voor de vertaling van uitvoer van het Stofstromenmodel naar invoer voor ANIMO

Deze bijlage beschrijft de manier waarop binnen dit project de levering van gegevens vanuit het Stofstromenmodel aan ANIMO is uitgevoerd en geeft tevens aan welke bewerkingen zijn uitgevoerd voordat deze gegevens bruikbaar zijn voor ANIMO. Stapsgewijs ziet deze werkwijze er als volgt uit:

1. Keuze gebiedslocatie

Voor ANIMO wordt gebruik gemaakt van de ruimtelijke schematisatie van Nederland die gebruikt is bij de watersysteemverkenningen (WSV). Bij deze schematisatie wordt gebruik gemaakt van gridcellen van $500 * 500 \text{ m}^2$. Gridcellen met dezelfde hydrologische en bodemkundige kenmerken en bemestingsintensie worden samengetrokken tot een plot. In de schematisatie van WSV is gewerkt met 3600 unieke plots.

Uit de schematisatie van WSV wordt een gebied geselecteerd en de ligging van de plots in dit gebied bepaald. De ligging van het voorbeeldgebied tezamen met de ruimtelijke indeling van de plots wordt doorgegeven aan het Stofstromenmodel.

2. Koppeling bedrijven aan het gebied

Uit het databestand van het stofstromenmodel wordt bepaald welke bedrijven in het gekozen gebied vallen. De X,Y-coördinaten van de bedrijven worden gekoppeld aan de X,Y-coördinaten van de plots. Ook de X,Y-coördinaten van de bedrijven zijn ruimtelijk ingedeeld in een $500 * 500 \text{ m}^2$ cel. Deze coördinaten komen overeen met de linkerbenedenhoek van de gridcellen van de schematisatie van WSV.

3. Bedrijfsgegevens

Voor alle bedrijven worden in het stofstromenmodel de volgende gegevens berekend:

- gridcoördinaten (zie ook stap 2),
- gve-totaal,
- areaalgrootte voor ieder gewas,
- kunstmestgift N en P op ieder areaal,
- drijfmestgift opgedeeld naar 18 diersoorten, volume mest per diersoort en per gewas, totaal N per diersoort en per gewas, mineraal N per diersoort en per gewas en totaal P per diersoort en per gewas; gecorrigeerd voor eventuele ammoniakemissie,
- voor gras tevens weidemest in volume mest per diersoort, totaal N en totaal P; gecorrigeerd voor eventuele ammoniakemissie.

4. Bepaling totale bodembelasting per plot

Door het toekennen van bedrijven aan plots is met behulp van de gegevens beschreven in stap 3 de totale bodembelasting per plot berekend.

5. Omrekening van SSM bedrijfsgegevens naar ANIMO invoergegevens

De 18 onderscheiden diersoorten in het stofstromenmodel worden geaggregeerd naar drie diersoorten in ANIMO, te weten rundvee (diersoort 1-9), varkens (diersoort 10-12) en pluimvee (diersoort 13-18).

De mestsoorten van de drie verschillende diersoorten worden opgedeeld in een organischestoffractie, een minerale-N-fractie en een minerale-P-fractie. De organischestoffractie wordt weer verdeeld in een organische-N-fractie en een organische-P-fractie.

6. Berekening van de water-, stikstof- en waterbalansen met ANIMO per plot

Aanhangsel 2 Bodemfysische eenheden uit de WSV-studie

Bron: Boers et al. (i.v.).

Bodemfysische Beschrijving eenheid

01	veengronden met een veraarde bovengrond (koopveengronden)
02	veengronden met een veraarde bovengrond en zand in de ondergrond (koopveengronden en madeveengronden)
03	veengronden met een kleidek (waardveengronden en weideveengronden)
04	veengronden met een kleidek en zand in de ondergrond (meerveengronden)
05	veengronden met een zanddek en zand in de ondergrond (meerveengronden)
06	veengronden en moerige gronden op ongerijpte klei
07	stuifzandgronden
08	podzolgronden in leemarm, fijn zand
09	podzolgronden in zwak lemig, fijn zand
10	podzolgronden in zwak lemig, fijn zand op grof zand
11	podzolgronden sterk lemig, fijn zand op keileem of leem
12	enkeerdgronden in zwak lemig, fijn zand
13	beekeerdgronden in sterk lemig, fijn zand
14	podzolgronden in grof zand
15	homogene zavelgronden
16	homogene, lichte kleigronden
17	kleigronden met een zware tussenlaag of ondergrond
18	kleigronden op veen (drechtvaaggronden)
19	klei op zandgronden
20	klei op grof zand
21	leemgronden