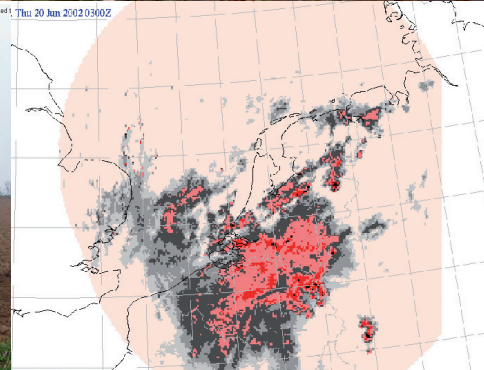




Bronnen van nutriënten in het landelijke gebied

De bijdrage van landbouw aan oppervlaktewaterkwaliteit in perspectief

F.J.E. van der Bolt
H.P. Oosterom
R.F.A. Hendriks
P. Groenendijk



Alterra-rapport 1483, ISSN 1566-7197

Bronnen van nutriënten in het landelijke gebied

Bronnen van nutriënten in het landelijke gebied

De bijdrage van landbouw aan oppervlaktewaterkwaliteit in perspectief

**F.J.E. van der Bolt
H.P. Oosterom
R.F.A. Hendriks
P. Groenendijk**

Alterra-rapport 1483

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

Van der Bolt, F.J.E., H.P. Oosterom, R.F.A. Oosterom en P. Groenendijk, 2007. *Bronnen van nutriënten in het landelijke gebied; De bijdrage van de landbouw aan oppervlaktewaterkwaliteit in perspectief*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1483. 53 blz.; 8 fig.; 8 tab.; 9 ref.

De bijdrage van de bronnen van stikstof en fosfor in het landelijke gebied aan de belasting op het oppervlaktewater is gekwantificeerd met indicatieve berekeningen met STONE versie 2.1. De onderlinge verhouding van bijdragen aan de belasting van oppervlaktewater is bepaald door brontermen uit te schakelen en vervolgens te bepalen welke vermindering in uitspoeling optreedt ten opzichte van de referentieberekening. De actuele bijdrage van de bron landbouw blijkt kleiner dan tot nu toe aangenomen. De bijdragen van de bron bodem en lokaal ook de bijdrage van de bron kwel kunnen niet worden verwaarloosd. De resultaten geven richtingen aan. Aanbevolen wordt de analyse te herhalen met STONE2.3 om consistentie met methoden voor de Evaluatie Mestwetgeving tot stand te brengen. Door de verworven inzichten kan gericht worden gezocht naar maatregelen om de Kaderrichtlijn Water te implementeren.

Trefwoorden: Bronnen, landelijke gebied, landbouw, bemesting, nutriënten, oppervlaktewaterkwaliteit, maatregelen, Kaderrichtlijn Water.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice

© 2007 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

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

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

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	11
2 Bronnen van nutriënten in Nederland	15
2.1 Rapportage nitraatrichtlijn 2004	16
2.2 Water in beeld/Water in cijfers 2006	16
2.3 Quick Scan MNP 2006	17
2.4 Emissieregistratie (ER-C)	18
2.5 Afbakening	18
3 Werkwijze	19
3.1 Bronnen	19
3.2 Varianten	20
3.3 Referentie	21
3.4 Realisatie	21
4 Resultaten	25
4.1 Landelijk	25
4.2 Zand, klei, veen	26
4.3 Bijdrage bronnen in Nederland	28
5 Plausibiliteit	31
5.1 DOVE-projecten	31
5.2 DOVE-veen met modellen	32
5.3 Vier proefgebieden in Laag Nederland	34
5.4 Plausibiliteit	36
6 Discussie	39
7 Conclusies	43
Literatuur	45
Bijlage 1 STONE	47
Bijlage 2 Bronnenanalyse uit- en afspoeling van N en P door MNP	49

Samenvatting

Verontreinigende stoffen vinden via lozingen, rioolwater-overstorten, de bodem of de lucht hun weg naar het oppervlaktewater. De Kaderrichtlijn Water (KRW) vraagt, en het milieubeleid is er op gericht, dit probleem zoveel mogelijk bij de bron aan te pakken. Waterbeheerders zijn de afgelopen decennia in staat gebleken om puntbronnen effectief aan te pakken met de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO). Daardoor vormen momenteel vaak de diffuse bronnen de voornaamste oorzaak van de vervuiling van het water. Dat geldt ook voor stikstof (N) en fosfor (P) die onder andere door landbouwkundig gebruik in het milieu komen. Voor de realisatie van het Derde nitraatactieprogramma wordt door de sector landbouw al een inspanning geleverd. Insteek van de overheid is dat in 2009 de stikstofgebruiksnormen dusdanig in de mestwetgeving zijn vastgelegd dat op termijn aan de doelstelling van de nitraatrichtlijn wordt voldaan (<50 mg NO₃ in het bovenste grondwater) en dat in 2015 voor fosfor evenwicht tussen bemesting en gewasafvoer is bereikt. De indicatieve studie van Willems et al (2005), geeft aan dat het met bemestingsmaatregelen mogelijk is de doelen van de nitraatrichtlijn nagenoeg gemiddeld te halen (56 mg/l NO₃ in 2015). Uiteraard is dit afhankelijk van de gebiedsgrootte waarover wordt gemiddeld. Daarbinnen vinden overschrijdingen en onderschrijdingen plaats. Om verdergaande doelen te realiseren, niet alleen naar grondwater maar ook naar oppervlaktewater, moeten aanvullende maatregelen worden geselecteerd. Een gebiedsgericht maatregelenpakket i.e. regionaal maatwerk is nodig omdat de bijdrage van de verschillende bronnen per regio verschilt en omdat de effecten van maatregelen regionaal en lokaal sterk kunnen variëren. Om voor de belangrijkste bronnen van verontreiniging adequate maatregel pakketten op te kunnen stellen en om deze qua kosteneffectiviteit te kunnen vergelijken is het essentieel dat de bijdrage van de bronnen goed bekend is, ook voor de diffuse bronnen.

Doel van deze studie is inzicht krijgen in de bijdrage van de diffuse bronnen in het landelijke gebied aan de emissie van nutriënten naar het oppervlaktewater.

Bijdragen bronnen

Nationaal gezien vormt de aanvoer van nutriënten uit het buitenland de grootste bron voor de rivieren, kustwateren en Noordzee. Echter, voor de kleinere (zoete) oppervlaktewateren bepalen de binnenlandse bronnen de waterkwaliteit. De landbouw wordt in verschillende analyses benoemd als de grootste bron van stikstof en fosfor in het regionale watersysteem. Deze schattingen van de bijdrage van de bronnen zijn gebaseerd op de emissieregistratie (ER-C). De emissies van de bron landbouw in de ER-C zijn resultaten van het rekeninstrumentarium STONE. Deze rekenresultaten zijn echter de resultante van de bronnen atmosferische depositie, kwel, bodem(toestand) en landbouw. Deze bronnen bepalen de uitspoeling van nutriënten vanuit de bodem naar het oppervlaktewater in het landelijke gebied.

Resultaten

Om de bijdragen van de bronnen atmosferische depositie, kwel, bodem(toestand) en landbouw te kwantificeren zijn met het STONE-instrumentarium (STONE2.1.1), zoals toegepast voor de Evaluatie Mestwetgeving 2004 (Schoumans et al 2004) oriënterende berekeningen uitgevoerd waarbij de verschillende diffuse bronnen (atmosferische depositie, landbouw, bodem en kwel) afzonderlijk dan wel in combinatie zijn geëlimineerd. Daardoor wordt inzicht verkregen in de bijdrage van deze verschillende diffuse bronnen van nutriënten in het landelijke gebied. Er zijn twee varianten onderscheiden: 'historie' en 'actueel'. Bij de eerste wordt de bijdrage vanuit de bodem berekend inclusief de bijdrage door de oplading van de bodem als gevolg van landbouwkundig gebruik met grote mestgiften die in het verleden heeft plaatsgevonden. In de tweede situatie wordt de bijdrage van de bronnen bepaald anno nu bepaald waarbij de bodemvoorraad als een zelfstandig gegeven wordt beschouwd (en is de bijdrage van oplading niet in de bijdrage van de bron bodem verdisconteerd).

Omdat de bijdrage van de afzonderlijke bronnen aan de emissie naar het oppervlaktewater moeilijk is te bepalen via metingen, wordt de bijdrage van de landbouw aan het oppervlaktewatersysteem soms gelijkgesteld aan de 'instroom': de bijdrage van de bemesting aan de belasting op het bodemsysteem. Om de validiteit van deze benadering te toetsen is de bijdrage aan de immissie in het bodem-waterplant-systeem berekend als variant 'instroom'.

Stikstof

De actuele bijdrage van de landbouw vormt volgens de berekeningen een beperkt deel van de emissie uit het landbouwkundig gebruikt deel van het landelijke gebied. De berekende bijdrage van de landbouw is voor stikstof voor de variant 'actueel' 25 % voor de variant 'historie' 28 %, dat wil zeggen inclusief de bijdrage aan het opladen van de bodem. De grootste bijdrage is afkomstig uit de bron bodem. Deze bron is als gevolg van de landbouw tussen 1941 en 2000 iets toegenomen. Depositie en kwel leveren kleinere bijdragen. Het toetsen van de resultaten is lastig omdat de bijdrage van de bronnen op nationale of regionale schaal niet kan worden gemeten. Een vergelijking aan op regionale schaal uitgevoerde bronnenanalyses in veengebieden met veel kwel duidt erop dat de bijdrage uit de bodem in deze studie wordt onderschat. De indruk bestaat dat voor klei- en mogelijk ook voor zandgebieden deze bron wordt overschat. De bijdrage van de landbouw lijkt daardoor in veengronden te worden overschat en lijkt in zand- en kleigronden te worden onderschat.

Fosfor

De actuele bijdrage van de bron 'landbouw' aan de emissie van fosfor bedraagt ongeveer de helft van de historische bijdrage: 25 % resp. 50 %. Maatregelen gericht op de bron landbouw hebben een beperkt effect op de diffuse belasting van het oppervlaktewater uit het landelijke gebied wanneer deze maatregelen niet ook de bron bodem beïnvloeden. De oplading van de bodem die in het verleden heeft plaatsgevonden maakt dat de bijdrage van de bodem is verdubbeld en in de actuele situatie de grootste bijdrage levert aan de emissie van fosfor naar het oppervlakte-

water. Vergeleken met bronnenanalyses op regionale schaal voor veengebieden met veel kwel lijkt de bijdrage uit veen in deze studie te worden onderschat. , Voor kleigronden komt de bijdrage uit de bodem qua orde van grootte overeen met de bijdrage zoals die in regionale analyses is gevonden. De bijdrage van landbouw aan de emissie van fosfor in veengronden lijkt te worden overschat en lijkt voor kleigronden redelijk te worden benaderd.

Conclusies

De voor deze studie gevolgde werkwijze is bruikbaar om de bijdrage van de bronnen te schatten. De resultaten van deze studie geven een eerste indicatie van de bijdrage van de diffuse bronnen in het landelijke gebied voor de actuele situatie en voor de historie. Daarmee wordt het mogelijk gericht maatregelen te zoeken die ertoe leiden dat de diffuse belasting van het oppervlaktewater met nutriënten uit het landelijke gebied wordt gereduceerd. Aanbevolen wordt om voor de onderbouwing van de implementatie van de Kaderrichtlijn Water deze exercitie te herhalen wanneer nieuwe kennis en data en een nieuwe versie van het STONE rekeninstrument beschikbaar zijn (bijvoorbeeld zoals begin 2007 wordt ingezet voor de ex-ante analyses van de evaluatie van de mestwetgeving in 2007).

In deze studie is gebruik gemaakt van een eerdere versie van STONE met bemestingsscenario's ten behoeve van verkenningen enkele jaren geleden. De resultaten van deze studie geven slechts een eerste indicatie van de bijdrage van de bronnen. Inmiddels is een verbeterde versie van de hydrologie en een verbeterde versie van het STONE-model beschikbaar. Verwacht wordt, en de eerste berekeningen met de nieuwe versies bevestigen dat, dat de bijdrage van de bron landbouw voor stikstof groter is dan de in deze studie berekende bijdrage. Voor fosfor wordt verwacht dat de bijdrage van de bron landbouw kleiner zal zijn dan nu indicatief is berekend.

De resultaten van deze studie laten zien dat de bijdrage aan de emissie naar het oppervlaktewater niet gelijk is aan de bijdrage aan de instroom in het systeem. Deze (te) simpele methode is niet geschikt om de bijdragen van bronnen aan de emissie naar het oppervlaktewater te schatten.

De in deze studie berekende directe bijdrage van landbouw als één van de diffuse bronnen in het landelijke gebied voor de emissie van nutriënten naar het oppervlaktewater is kleiner dan in recente bronnenanalyses voor Nederland op basis van de emissieregistratie is geschat, ook wanneer de door de landbouw veroorzaakte bijdrage aan de bodem wordt meegeteld. Dat wordt veroorzaakt doordat de bijdrage van de bronnen 'landbouw' en 'natuur' zoals opgenomen in de emissieregistratie zijn opgebouwd uit de bijdragen van de bronnen depositie, landbouw, kwel en bodem. De ER-C bevat niet de emissies uit de landbouw maar de emissies uit het landbouwkundig gebruikte deel van het landelijke gebied.

De in deze studie berekende bijdrage van de sector landbouw is vergeleken met de bronnenanalyses op regionale schaal aan de hoge kant voor veengronden en is laag voor kleigronden.

De bron 'bodem' is aanzienlijk. Dat wordt mede veroorzaakt door de oplading van de bodemvoorraad als gevolg van landbouwkundige activiteiten. De bijdrage van kwel en atmosferische depositie zijn op landelijke schaal kleiner. De bijdrage van kwel kan lokaal groot zijn. Om de doelen van de Kaderrichtlijn Water te realiseren moeten naast maatregelen gericht op de emissie uit de landbouw ook maatregelen gericht op de andere (diffuse) bronnen in het landelijke gebied worden verkend, het is daarbij noodzakelijk de bronnen en maatregelen op regionaal niveau onderbouwd te kunnen kwantificeren. Om de belasting uit het (landbouwkundig gebruikte deel van het) landelijke gebied te reduceren zouden vooral ook maatregelen gericht op de bron bodem nader onderzocht moeten worden.

1 Inleiding

Achtergrond

De Kaderrichtlijn Water (KRW) vraagt ecologische en chemische doelen te stellen, om perspectiefvolle maatregelen te selecteren, en om deze in stroomgebied-beheersplannen vast te leggen om de geformuleerde doelen te realiseren. Verontreinigende stoffen vinden via riool, bodem of lucht hun weg naar het water. De Kaderrichtlijn Water vraagt, en het milieubeleid is er op gericht dit probleem bij de bron aan te pakken. Waterbeheerders zijn de afgelopen decennia in staat gebleken om puntbronnen effectief aan te pakken met de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (WVO). Daardoor vormen momenteel de diffuse bronnen de voornaamste oorzaak van de vervuiling van het water. De aanpak van diffuse bronnen is qua inhoud, instrumentarium, proces, organisatie en betaalbaarheid veel complexer dan de aanpak van puntbronnen. Deze complexiteit laat onverlet dat vergaande terugdringing van de milieubelasting door diffuse bronnen nodig is voor de realisatie van de KRW-doelstellingen.

In het KRW-traject op weg naar maatregelenpakketten voor de stroomgebied-beheersplannen zullen voor alle bronnen maatregelen moeten worden gedefinieerd waarna op basis van uitvoerbaarheid, kosteneffectiviteit en rendement van de maatregelen de maatregelen maatschappelijk worden geprioriteerd. Het is noodzakelijk de bijdragen van de bronnen en de mogelijke maatregelen per bron goed in beeld te hebben om de juiste keuzes te maken. Wanneer de maatschappelijke kosten voor uitvoering van de maatregelen onevenredig groot blijken te zijn, kan de EU worden gevraagd de termijn voor realisatie van de doelen te verlengen en kunnen uiteindelijk mogelijk de doelen worden aangepast.

De nutriënten stikstof (N) en fosfor (P) zijn geïdentificeerd als probleemstoffen. Deze nutriënten komen ook door landbouwkundig gebruik in het milieu; de Nederlandse landbouwsector gaat weliswaar efficiënt om met meststoffen, maar door de hoge intensiteit van produceren zijn de emissies per oppervlakte-eenheid echter aanzienlijk. Voor de realisatie van het Derde nitraatactieprogramma wordt door de sector landbouw al een aanzienlijke inspanning geleverd. Hoewel de doelen voor nutriënten per waterlichaam nog moeten worden geconcretiseerd, is nu al duidelijk dat de resterende opgave groot is.

Om eutrofiëring tegen te gaan moeten effectieve maatregelen worden geselecteerd. Een gebiedsgericht maatregelenpakket is nodig omdat de bijdrage van de verschillende bronnen per regio verschilt en om regionaal maatwerk te kunnen leveren. Conform de eisen van de Kaderrichtlijn Water zal de kosteneffectiviteit een belangrijke rol spelen bij de selectie van maatregelen. In 2006 wordt op een landelijk schaalniveau een strategische MKBA opgesteld om de discussie over ambitieniveau en de verdeling van de maatregelen over de verschillende bronnen te ondersteunen. Om voor de belangrijkste bronnen van verontreiniging maatregelenpakketten op te

kunnen stellen en qua kosteneffectiviteit te kunnen vergelijken is het essentieel dat de bijdrage van de bronnen goed bekend is.

In de rapportages van de deelstroomgebiedsdistricten (2004) wordt deze verdeling over bronnen voor alle gebieden gegeven; diffuse bronnen als groep vormen een belangrijke oorzaak van vervuiling, de bijdrage van de verschillende diffuse bronnen is niet gekwantificeerd. Wanneer de bijdragen van de verschillende diffuse bronnen niet bekend zijn kunnen niet gericht kosteneffectieve maatregelen worden geïdentificeerd. In het eerste kostenoverzicht in de Decemhernota 2005 ontbreken de diffuse bronnen dan ook. Om via een MKBA kosteneffectieve maatregelpakketten te selecteren zal eerst meer inzicht moeten bestaan in de bijdrage van de verschillende diffuse bronnen. Daarna moeten per bron perspectiefvolle (kosteneffectieve) maatregelen worden gezocht. In de hierop volgende MKBA worden de te nemen maatregelen geselecteerd. Voor de implementatie van de Kaderrichtlijn Water willen de regionale overheden dan ook de resultaten van de STONE-berekeningen gebruiken voor het identificeren van maatregelen en het onderbouwen van de voorselectie van maatregelen op basis van kosteneffectiviteit. De kosteneffectiviteit van maatregelen moet daarbij worden gerelateerd aan de bijdrage van de bron waarop de maatregel werkt zodat duidelijk wordt waar in het beleid op ingezet moet worden. Onderscheiden van de bijdrage van diffuse bronnen in het landelijke gebied is vereist om de door en voor de Kaderrichtlijn Water vereiste werkwijze te kunnen volgen.

De aanvoer uit het buitenland vormt voor de rivieren en Noordzee verreweg de grootste bron. Voor de kleinere (zoete) oppervlaktewateren bepalen de binnenlandse bronnen de waterkwaliteit. De landbouw wordt gezien als een belangrijke bron van de nutriënten stikstof en fosfor. De recente stofbalansen die tot deze inzichten leiden zijn gebaseerd op de emissieregistratie (ER-C). De emissies uit de landbouw zoals opgenomen in de ER-C zijn berekend met STONE. Deze rekenresultaten zijn echter de resultante van de bronnen atmosferische depositie, kwel, voorraad in de bodem en landbouw en beschrijft de emissie van diffuse bronnen in het landelijke gebied. Om de (kosten)effectiviteit van maatregelen in de landbouw te kunnen bepalen en om maatregelen voor de andere diffuse bronnen in het landelijke gebied te selecteren is het nodig dat inzicht wordt verkregen in de bijdrage van de verschillende bronnen van nutriënten in het landelijke gebied.

Doel

Onderscheiden van de bijdragen van de verschillende diffuse bronnen (atmosferische depositie, kwel, bodem en landbouw) in het landelijke gebied aan de emissie van nutriënten naar het oppervlaktewater in Nederland.

Werkwijze

Met het STONE-instrumentarium (versie 2003) zijn berekeningen uitgevoerd waarbij de verschillende diffuse bronnen (atmosferische depositie, landbouw, bodem en kwel) afzonderlijk dan wel in combinatie zijn geëlimineerd om inzicht te krijgen in de bijdrage van de verschillende diffuse bronnen van nutriënten in het landelijke gebied.

Vooral het bepalen van de bijdrage van de kwel is lastig omdat hierbij ook de initiële concentraties in het bodemprofiel moeten worden aangepast.

Daarbij zijn twee tijdhorizonten onderscheiden waarop de bijdrage van de bronnen wordt bepaald:

1. Bepalen van de bijdrage van de “historie vanaf 1941”; dit levert de bijdrage van de verschillende bronnen ten opzichte van een “relatief ongestoorde toestand” . Anders gezegd: de bijdrage van de bron bodem is hier inclusief de oplading van de bodem door de relevante andere bronnen. Daartoe worden de verschillende bronnen vanaf 1941 geëlimineerd om de toestand van de bodem rond 2000 zonder oplading door deze bronnen te bepalen en worden daarna de bijdragen van de bronnen in 2015 en 2030 berekend.
2. Bepalen van de bijdrage van de bronnen in het landelijke gebied aan de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater op dit moment. Daarmee wordt inzicht geboden in het maximale effect van maatregelen/beleid ten aanzien van de verschillende bronnen. De bronnen worden vanaf 2000 geëlimineerd om de bijdragen in 2015 en 2030 te berekenen. Omdat het effect van oplading van de bodem tot 2000 hierin wordt meegenomen zullen de bijdragen van de bronnen atmosferische depositie, landbouw en kwel kleiner zijn dan bij de eerste tijdshorizont.

De eerste benadering geeft inzicht in de totale bijdrage van de verschillende bronnen inclusief de historie. De tweede benadering geeft een indicatie welke de maximaal te bereiken effecten zijn wanneer de verschillende bronnen (onmiddellijk) volledig worden gesaneerd.

Afbakening

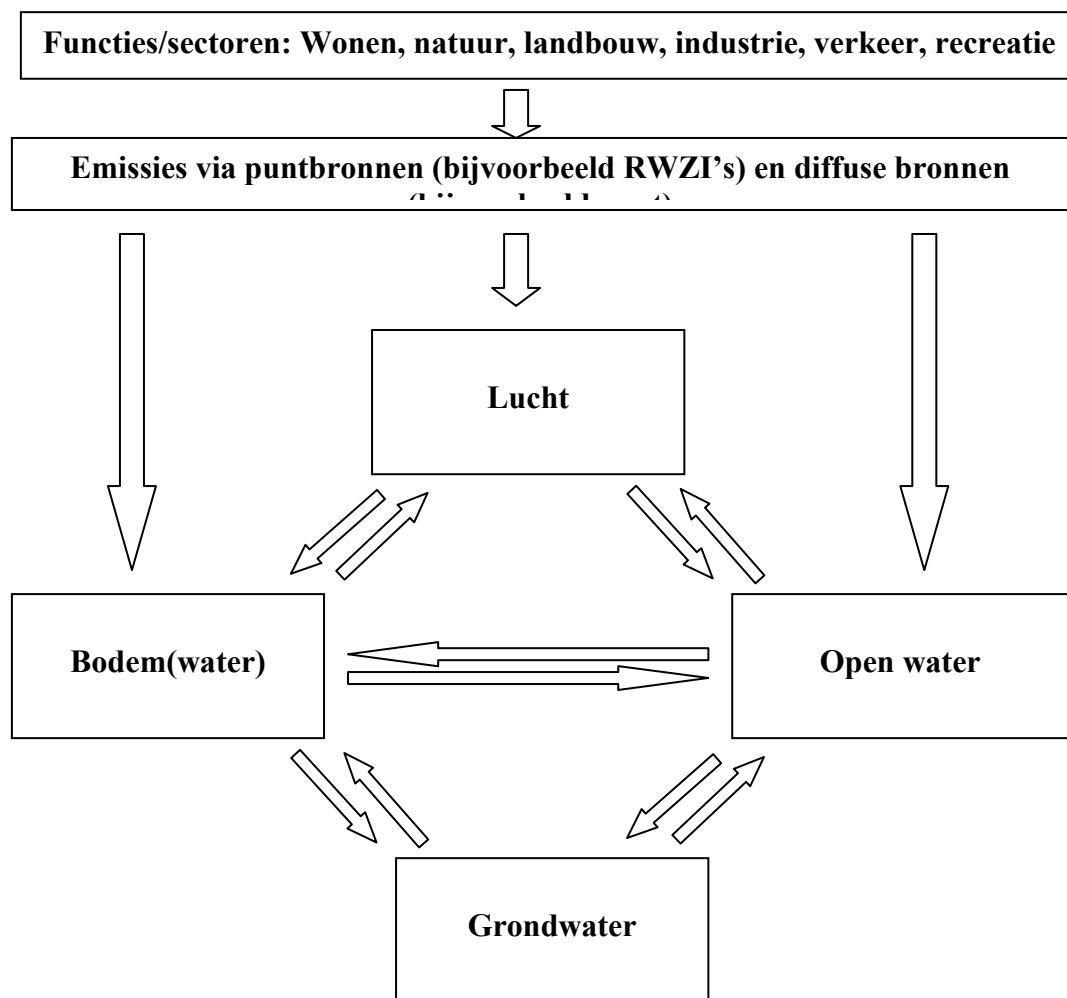
Deze studie betreft een eerste verkenning naar de bijdrage van de verschillende diffuse bronnen in het landelijke gebied aan de emissie van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater. Daarbij is gebruik gemaakt van de verouderde STONE-versie 2.1.1. De lessen geleerd uit deze vingeroefening zullen worden gebruikt om de werkwijze om de bijdrage van de bronnen vast te stellen, te verbeteren dan wel te herzien. In 2007 verschijnt een nieuwe Evaluatie van de Mestwetgeving (EMW 2007), de verbeteringen in het model, de data en de schematisering die hierin worden gerealiseerd zullen worden gebruikt om de bijdragen van de diffuse bronnen in het landelijke gebied aan de emissie naar het oppervlaktewater nauwkeuriger te bepalen.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de bijdragen van de verschillende bronnen in Nederland beschreven zoals recent gerapporteerd. In hoofdstuk 3 wordt de werkwijze die in deze studie is gevolgd onderbouwd en uitgelegd. Hoofdstuk 4 beschrijft de resultaten. In hoofdstuk 5 wordt de plausibiliteit van de rekenresultaten nagegaan. De discussie over werkwijze en resultaten staat in hoofdstuk 6. Hoofdstuk 7 geeft de conclusies.

2 Bronnen van nutriënten in Nederland

Veelal worden bronnen opgevat als functies/sectoren die emitteren naar het milieu. Bronnen kunnen rechte reeks emitteren naar de milieucompartimenten lucht, bodem, grond- en oppervlaktewater (Figuur 1). Daarnaast vindt uitwisseling plaats tussen deze milieucompartimenten waardoor de compartimenten ook als bron voor een ander milieucompartiment kunnen fungeren (Figuur 1). Wanneer een deel van het systeem in beschouwing wordt genomen, wordt niet de daadwerkelijke bron geïdentificeerd maar wordt een ander (deel van een) milieucompartiment als bron genomen (bijvoorbeeld atmosferische depositie kan bestaan uit een natuurlijke depositie verhoogd met emissies van de functies/sectoren verkeer, landbouw, industrie etc.).



Figuur 1 Transportroutes tussen bronnen en milieucompartimenten.

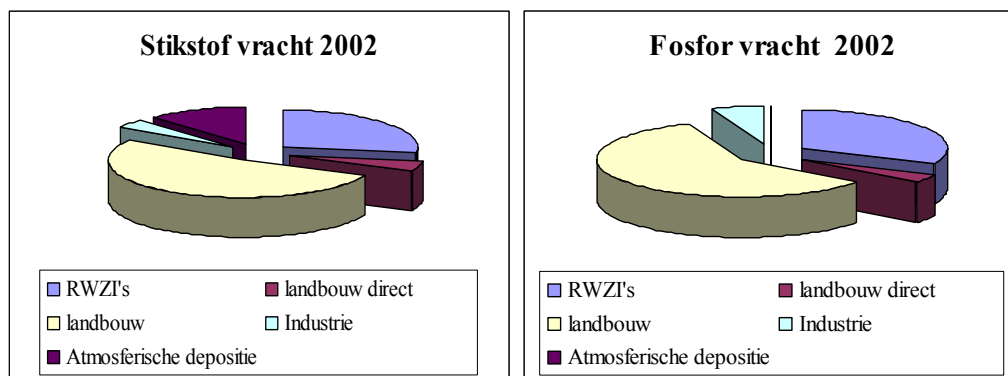
Om de (bijdrage van de) functies/sectoren te identificeren moet het systeem in zijn geheel worden beschouwd. Het kan daarbij zo zijn dat door vertragende eigenschappen van een milieucompartiment dit milieucompartiment als een aparte bron moet worden beschouwd waarvoor specifieke maatregelen moeten worden overwogen. Wanneer een deel van het milieusysteem wordt beschouwd zullen snel andere milieucompartimenten als bron (moeten) worden beschouwd.

Recent zijn drie bronnenanalyses voor nutriënten in Nederland gepubliceerd die kort worden besproken:

- Achtergronddocument voor de rapportage nitraatrichtlijn aan de EU door RIVM (Fraters et al 2004).
- Water in beeld en het bijbehorende document Water in cijfers waarin de toestand van het water in Nederland wordt beschreven (V&W 2006).
- Welke ruimte biedt de Kaderrichtlijn Water, een quick scan van het Milieu en Natuur Planbureau (MNP 2006).

2.1 Rapportage nitraatrichtlijn 2004

In 2004 heeft RIVM (Fraters et al) in samenwerking met andere instituten een achtergrondrapport uitgebracht ten behoeve van de Nederlandse rapportage aan de EU in het kader van het actieplan voor de nitraatrichtlijn. Daarin zijn ook de bijdragen van bronnen aan de stikstof- en fosforemissies naar het oppervlaktewater gekwantificeerd op basis van de emissieregistratie (ER-C). De landbouw is daarbij als belangrijkste binnenlandse bron voor stikstof en fosfor (bijdrage voor beide ongeveer 60%) geïdentificeerd (Figuur 2).

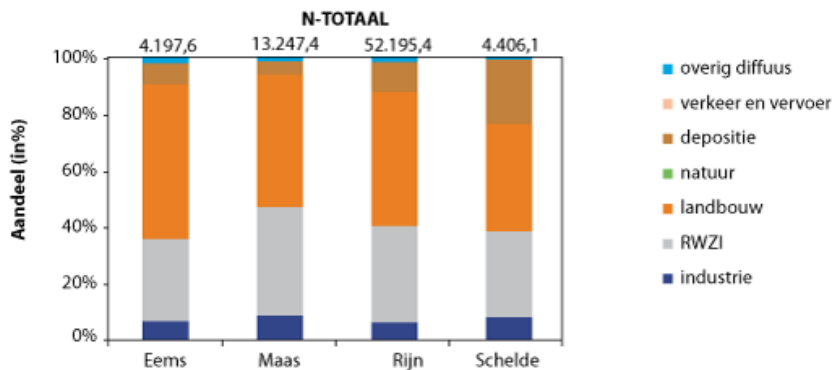


Figuur 2 Stikstof en fosforbelasting van de zoete watersystemen in Nederland in 2002 (data Fraters et al 2004).

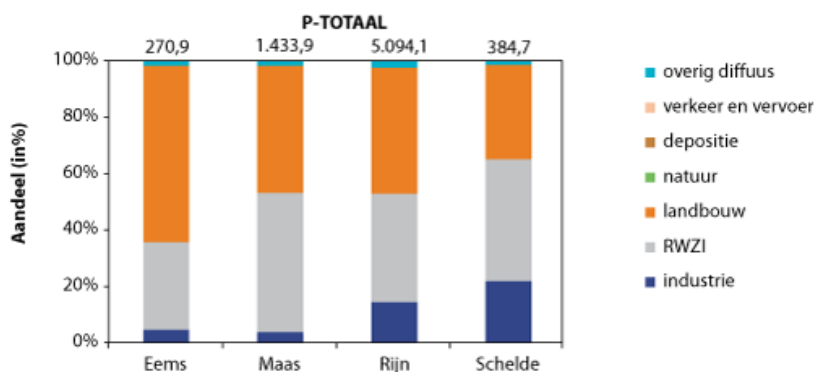
2.2 Water in beeld/Water in cijfers 2006

In het bij het rapport Water in beeld (RIZA, 2006) en de bijbehorende beschrijving Water in cijfers (RIZA, 2006) is de bijdrage van de verschillende bronnen voor de 4 KRW-deelstroomgebieden in het jaar 2003 bepaald, eveneens op basis van de data in de Emissieregistratie. Daarbij zijn de bronnen industrie, verkeer, stedelijk (RWZI), depositie, natuur, landbouw en overig diffuus zijn onderscheiden (Figuur 3 en Figuur

4). De bron natuur levert geen zichtbare bijdrage, en het is niet duidelijk wat tot de bron landbouw wordt gerekend. De bijdrage van de bron landbouw in de deelstroomgebieden varieert globaal voor stikstof 40-60% en voor fosfor 35-60%. Landbouw is ook volgens Water in beeld en Water in cijfers de grootste bron van de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten.



Figuur 3 Procentuele aandeel per bron en totaal in ton, belasting water met nutriënten in 2003 per stroomgebied (bron: Water in cijfers 2006).



Figuur 4 Procentuele aandeel per bron en totaal in ton, belasting water met nutriënten in 2003 per stroomgebied (bron: Water in cijfers 2006)

2.3 Quick Scan MNP 2006

Het rapport “Welke ruimte biedt de Kaderrichtlijn Water, een quick scan” van het Milieu en Natuur Planbureau (2006) bevat een figuur waarin de relatieve bijdrage van diffuse bronnen en puntbronnen aan de fosforbelasting op het regionale oppervlaktewater wordt gegeven (figuur 3.2, pagina 44). Onderscheiden zijn de bijdragen van kwel, bodem, natuur, landbouw, RWZI's en overig. De puntbronnen zijn ontleend aan de ER-C, de diffuse bronnen zijn berekend met STONE (bijlage 1) als gemiddelde voor de periode 1998-2002. De bijdrage van landbouw bedraagt voor Nederland bijna 60% van de diffuse bronnen in het landbouwgebied en bijna 30% van alle bronnen. In het MNP-rapport staat niet beschreven hoe deze bijdragen van de verschillende diffuse bronnen zijn bepaald. De beschrijving van de gevolgde werkwijze is (met de exacte resultaten) opgenomen in bijlage 2.

2.4 Emissieregistratie (ER-C)

Alle stofstroom- en bronnenanalyses maken gebruik van de ER-C. De betrouwbaarheid van de in de emissieregistratie opgenomen cijfers is niet bekend en verschilt waarschijnlijk sterk voor de verschillende bronnen. De bijdragen van de bronnen landbouw en natuur in de emissieregistratie zijn ontleend aan de uitkomsten van STONE (bijlage 1). In STONE bepalen de bronnen atmosferische depositie, landbouw, kwel en (voorraad in de) bodem de emissies naar het oppervlaktewater. Omdat STONE niet specifiek de bijdrage van de sector landbouw als bron berekent maar de som van de bijdragen van alle diffuse bronnen in het landbouwkundig gebruikte deel van het landelijke gebied geeft, hebben de bronnen landbouw en natuur in ER-C en in beide bronnenanalyses een andere lading dan bijvoorbeeld de bronnen industrie of RWZI's.

2.5 Afbakening

De indeling in de besproken bronnenanalyses blijkt in essentie gebaseerd op gebruiksfuncties maar is niet eenduidig (depositie is bijvoorbeeld het gevolg van emissie naar de lucht van huishoudens, industrie, landbouw en verkeer; RWZI's worden bijvoorbeeld gevoed door huishoudens, industrie en recreatie). Het is noodzakelijk voor bronnenanalyses het beschreven systeem, de onderscheiden bronnen en de relaties tussen de bronnen helder te definiëren om de herkomst en betrouwbaarheid van de vrachten vast te kunnen leggen en de bijdrage van de bronnen te bepalen. Pas dan kunnen (kosten)effectieve brongerichte maatregelen worden geïdentificeerd en geselecteerd.

Deze studie is gericht op het onderscheiden van de bijdragen van de diffuse bronnen binnen het landbouwkundige deel van het milieusysteem dat door STONE wordt beschreven. Onderscheiden bronnen zijn de sector landbouw, en de emissies uit de milieucompartimenten atmosfeer, bodem en (diep) grondwater. De bijdragen van puntbronnen (RWZI's, industriële lozingen) in het landelijke gebied komen rechtstreeks in het oppervlaktewater en zijn niet meegenomen. De bijdragen van achterliggende bronnen (zoals ook de sector landbouw) aan de milieucompartimenten atmosfeer, bodem en grondwater zijn niet meegenomen. De relaties tussen de milieucompartimenten bodem, grond- en oppervlaktewater worden bepaald door transport-, omzettings- en vastleggingprocessen en verschillen in ruimte en tijd. Daarom worden de bijdragen van de bronnen in deze studie bepaald met modellen die deze relaties beschrijven.

3 Werkwijze

Om de bijdrage van de verschillende diffuse bronnen in het landbouwkundig gebruikte deel van het landelijke gebied te kwantificeren zijn met STONE versie 2.1.1 (bijlage 1) verschillende varianten doorerekend waarbij steeds één of meer bronnen afwezig zijn, dat wil zeggen dat de belasting op het systeem van de betreffende bron gelijk aan nul is gemaakt. Door de veranderingen in de berekende belastingen op het oppervlaktewater te relateren aan de afwezige bronnen en deze veranderingen uit te drukken in de verandering in procenten ten opzichte van de belasting in de uitgangssituatie kan de relatieve bijdrage van de afzonderlijke bronnen worden bepaald.

3.1 Bronnen

De in deze studie onderscheiden bronnen van diffuse belasting in het landelijke gebied zijn:

- Atmosferische depositie
- Landbouw
- Bodem
- Kwel

Afhankelijk van doel en/of begrenzing van het systeem zijn andere indelingen in bronnen mogelijk:

- De bijdrage van de bronnen kan bijvoorbeeld conform de werkwijze voor de ER-C worden uitgesplitst naar het landbouwkundig gebruikte deel van het landelijke gebied ('landbouw') en het deel van het landelijke gebied met natuur ('natuur'). In deze studie is alleen het landbouwkundig gebruikte deel van het landelijke gebied onderzocht.
- De bijdrage van de bron bodem kan bestaan uit 1) opslag/vrijkomen van organische stof, 2) opslaan/uitlogen in/uit het bodemcomplex. De grootte van de bijdrage wordt bepaald door de bodemeigenschappen, waaronder de a priori aanwezige (initiële, natuurlijke, achtergrond) voorraden aan nutriënten en de door menselijke activiteit toegevoegde voorraden. In deze studie zijn deze processen in de bodem niet als afzonderlijke bronnen onderscheiden. Wel is onderscheid gemaakt in de bijdrage van de bodem als gevolg van de verschillende bronnen.
- De bijdrage van infiltratie uit het oppervlaktewater is niet meegenomen omdat de bijdrage van deze bron langjarig op landelijk niveau klein zal zijn. Bovendien zijn de concentraties in het infiltrerende oppervlaktewater niet tijdafhankelijk bekend waardoor een praktisch probleem bestaat en de onzekerheid voor deze kleine bron groot zal zijn.
- De bijdragen van puntbronnen (RWZI's, industriële lozingen) in het landelijke gebied komen rechtstreeks in het oppervlaktewater en zijn niet meegenomen.

De bijdragen van de verschillende bronnen in het landbouwkundig gebruikte deel van het landelijke gebied zijn bepaald door in de berekeningen de bronnen afzonderlijk en in combinatie met andere bronnen te elimineren. Vergelijken van de verschillende rekenvarianten levert inzicht in de orde grootte van de verschillende bronnen. Door de bronnen in verschillende combinaties te elimineren worden de verschillende terugkoppelmechanismen in de relaties tussen de bronnen (via transport, processen en vastlegging) meegenomen. Als gevolg van de niet-lineaire processen resulteert dit in een range van bijdragen voor de bronnen.

3.2 Varianten

De bijdrage van de bronnen is bepaald zowel voor (1) de immissie in het bodem-water-plant systeem (de variant 'instroom') als voor (2 en 3) de berekende emissies uit het bodem-water-plant systeem naar het oppervlaktewatersysteem.

1. bij **'instroom'** wordt de aanvoer van de bronnen op de rand van het beschouwde bodem-water-plant systeem berekend en wordt de doorwerking naar het oppervlaktewatersysteem niet berekend. Deze variant is in deze studie meegenomen omdat deze werkwijze regelmatig wordt gehanteerd om de bijdrage van bronnen te schatten bij gebrek aan data/kennis. In deze studie is deze benadering vergeleken met de resultaten van de beide emissiemethoden.

De bijdrage van de bronnen aan de emissie naar het oppervlaktewater is voor twee tijdshorizonten berekend: de varianten 'historie' en 'actueel'.

2. **'Historie'** geeft inzicht in de bijdrage van de verschillende bronnen ten opzichte van de bijdragen in een relatief ongestoorde referentiesituatie. De bronnen worden vanaf het eerste rekenmoment uitgeschakeld, i.e. in 1941. Eerst wordt de oppervlaktewaterbelasting in 2000 berekend (zonder de bijdrage van uitgeschakelde bronnen). Vervolgens worden de bijdragen van de verschillende bronnen berekend voor de verschillende rekenperioden in de toekomst door de betreffende bronnen in te schakelen. De berekende bijdrage van een bron is daarom inclusief de bijdrage van de betreffende bron aan de oplading van de bodem.
3. In **'actueel'** is de bijdrage van een bron bepaald wanneer een bron 'nu' (dat wil zeggen rekentechnisch na 2000) wordt uitgeschakeld. Daarmee wordt inzicht geboden in het maximale milieueffect dat ten aanzien van maatregelen gericht op een bron is te halen. De bijdrage van de bronnen aan de oplading van de bodem in het verleden wordt nu dus niet in de bijdrage van de bronnen meegenomen; de bijdrage van de bodem wordt als een zelfstandige bron beschouwd (inclusief de oplading die door andere bronnen heeft plaatsgevonden). Voor deze berekeningen wordt uitgegaan van de situatie in 2000 zoals die met STONE (met meenemen van alle bronnen) is berekend waarna de bijdragen van de bronnen voor verschillende perioden in de toekomst wordt berekend.

Of sprake is van een immissie of een emissie wordt bepaald door de locatie in het systeem. Om de bijdrage van de bronnen in het landbouwkundig gebruikte deel van het landelijke gebied te bepalen worden de belastingen op dit systeem beschouwd als inkomende vrachten i.e. immissies, en worden de belasting uit dit systeem naar het oppervlaktewater beschouwd als uitstromende vrachten i.e. emissies.

De bijdragen van de bronnen wordt voor alle varianten voor dezelfde tijdperioden 2000-2015, 2016-2030, 2031-2045 en 2046-2060 vastgesteld. De bijdragen van de bronnen is bepaald als de gemiddelde bijdrage over de perioden.

3.3 Referentie

De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van het toekomstscenario 50-105-85 uit de EMW 2004. Dit scenario werd op dat moment beschouwd als het gangbare bemestingsscenario voor de toekomst. In dit scenario gaat men er van uit dat met de gebruiksnorm voor werkzame stikstof het milieudoel voor grondwater (50 mg/l nitraat) wordt gehaald. Tevens bedraagt de fosfaatgebruiksnorm voor grasland en bouwland/maïs resp. 105 en 85 kg/ha P₂O₅ (Schoumans, 2004). Ondertussen is dit scenario achterhaald door de in 2005 vastgestelde meststoffenwet. De resultaten van deze studie beschrijven niet de bijdrage van de bronnen gegeven de Meststoffenwetgeving 2005.

Verondersteld is dat deze STONE-berekeningen de nutriëntenstromen voor landelijke toepassing voldoende nauwkeurig beschrijven voor het normale landbouwkundige gebruik. Met alle beperkingen en onzekerheden die in de onderliggende rapporten zijn vermeld, wordt in deze studie verondersteld dat de gesimuleerde absolute vrachten en concentraties op nationale schaal niet onrealistisch zijn, zodat in dit rapport kan worden geconcentreerd op het doel van deze exercitie: inzicht krijgen in de relatieve bijdrage van de bronnen aan de emissie naar het oppervlaktewater.

3.4 Realisatie

Stopzetten van de bronnen depositie en landbouw in het model is eenvoudig, uitschakelen van de kwel is moeilijker omdat dan ook de initiële bodemgehalten en concentraties in bodemwater moeten worden aangepast. De oplading van de bodem, die voor een belangrijk deel de bijdrage van de bodem bepaalt, wordt veroorzaakt door de andere bronnen. Daarom is de bijdrage van de bron bodem als sluitpost berekend (emissie als alle andere bronnen zijn uitgeschakeld). De technische realisatie van de berekeningen voor deze studie wordt hieronder uitgebreider beschreven.

Depositie

In STONE worden de depositiecijfers door het RIVM en het MNP aangeleverd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een meetnet voor berekeningen van de atmosferische depositie, afhankelijk van industriële activiteiten, brandstofverbruik,

emissie uit de landbouw en grensoverschrijdende emissies. De N-depositie wordt berekend in afhankelijkheid van de regio en het grondgebruik en in het model ingevoerd voor de 80 PAWN-districten. Natuurplots krijgen een hogere depositie dan landbouwplots. De P-depositie is onder normale omstandigheden te verwaarlozen en is daarom op nul gesteld. De depositie kan eenvoudig worden uitgeschakeld door ook aan de natte en droge stikstofdepositie de waarde 0 toe te kennen.

Landbouw

Omdat zonder mestgiften geen duurzame landbouwkundige productie mogelijk is, zijn niet uitsluitend de mestgiften geëlimineerd maar is uitgegaan van het volledig afwezig zijn van de functie (grondgebonden) landbouw.

De bijdrage van de landbouw is berekend door het land braak te laten liggen i.e. door 1) geen mest toe te dienen, door 2) geen grondbewerking uit te voeren, en door 3) geen gewas af te voeren. Aan alle mestgiften (kunstmest en dierlijke mest) en aan de vee-eenheid is de waarde 0 toegekend en het landgebruik in landbouwplots is omgezet naar onbemest grasland (in STONE 'natuur'). Hierbij is de atmosferische depositie voor landbouwgrond die wordt omgezet in onbemest grasland (natuur) gelijk gehouden aan de atmosferische depositie op de landbouwplots. Daardoor blijft op nationaal niveau de totale hoeveelheid atmosferische depositie gelijk en blijven de resultaten van de varianten vergelijkbaar. Onbemest grasland wordt niet beweid of gemaaid zodat geen gras wordt afgevoerd en de bodem niet actief wordt uitgemijnd (de gewasresten blijven in het systeem).

Kwel

De bijdrage van de kwel (afkomstig uit het regionale grondwatersysteem) is afhankelijk van de opwaartse kwelflux zoals die in de hydrologische modellen is berekend op 13 m diepte en van de concentratie. Bij de start van de berekeningen in 1941 wordt het bodemsysteem geïnitieerd op basis van een geschatte kwelbelasting (de bodem is door de kwelfluxen al honderden jaren lang opgeladen, in deze periode kunnen de kwelfluxen sterk zijn veranderd). Om een correcte uitgangssituatie te creëren bij het uitschakelen van de kwel is ook de initialisatie aangepast (de oplading van het bodemsysteem door de kwelstroom blijft achterwege). De concentraties van het kwelwater zijn daartoe voor zowel stikstof als fosfor verwaarloosbaar klein ($=1 \cdot 10^{-6}$ mg/l) gemaakt. De kwelfluxen zelf zijn niet aangepast omdat daardoor ook een andere waterhuishouding wordt verkregen.

Bodem

De bijdrage van de bodem kan niet eenvoudig op nul worden gezet. Daarom is de bijdrage van de bodem bepaald als restpost nadat alle andere bronnen zijn uitgeschakeld. De bijdrage van de bron bodem heeft hierdoor geen range.

Historie en actueel

Voor de variant 'historie' worden de bronnen vanaf 1941 uitgeschakeld, het jaar waarin de STONE-berekeningen starten. Voor de variant 'Actueel' worden de bronnen vanaf 2001 uitgeschakeld. Voor beide varianten worden met een interval

van 15 jaar de stofbalansen tot 2060 berekend. De stofbalansen zijn opgesteld voor het volledige in STONE doorgekende bodemprofiel (13 meter diep).

Bijdragen bronnen

Voor de bronnen atmosferische depositie, landbouw, kwel en bodem zijn voor de verschillende varianten de totale vrachten naar het oppervlaktewater bepaald en omgezet naar de procentuele bijdrage. Dat is gedaan op nationaal niveau en voor de bodemgroepen zand, klei en veen. Gegeven het doel waarvoor STONE is opgezet en de toetsen die zijn uitgevoerd is dit mogelijk. Voor een regionale toepassing van STONE om de bijdrage van bronnen te bepalen zal eerst via toetsing moeten worden bepaald of de resultaten van dit instrument op beoogde regionale schaal overal verantwoord zijn te gebruiken.

4 Resultaten

De bijdragen van de bronnen worden eerst op landelijk niveau geanalyseerd. Daarna worden deze bijdragen uitgesplitst naar de grondsoorten zand-, klei- en veen.

4.1 Landelijk

Stikstof

De bijdragen aan de emissies berekend voor de ‘instroom in het bodem-water-plant systeem’ komen niet overeen met de bijdragen van de bronnen berekend voor de belasting op het oppervlaktewater met de varianten ‘historie’ of ‘actueel’ (Tabel 1). De bijdrage van kwel aan de emissies is voor ‘actueel’ en vooral voor ‘historie’ veel groter dan voor ‘instroom’ omdat de kwel voor een groot deel door de waterlopen wordt afgevangen. De bijdrage van de landbouw aan de emissie is voor ‘actueel’ en ‘historie’ veel kleiner dan voor ‘instroom’ omdat een aanzienlijk deel van de meststoffen door de gewassen worden opgenomen en niet in het oppervlaktewater terecht komen. Deze resultaten tonen aan dat, als gevolg van de waterstromen en de niet-lineaire omzetting- en vastleggingprocessen, schatten van de bijdrage van de bronnen via de ‘instroom’ in het systeem voor nutriënten niet valide is: de bijdrage aan de emissie kan voor zowel N als P niet zonder meer gelijk worden gesteld aan de bijdrage aan de immissie.

Tabel 1 Procentuele berekende bijdrage van bronnen aan de belasting van het oppervlaktewater in Nederland voor de periode 2000-2015 voor de benaderingen ‘instroom’, ‘historie’ en ‘actueel’

	Stikstof			Fosfor		
	instroom	historie	actueel	instroom	historie	actueel
Depositie	11	5 - 7	4 – 7	0	0-8	0-1
Landbouw	87	27 - 29	23 – 26	98	44 - 55	25 - 25
Kwel	2	11 - 14	3 – 5	2	17 - 24	3 - 3
Bodem		55	69		27	74

De bijdrage van de bronnen depositie, landbouw en kwel is voor de variant ‘actueel’ kleiner dan voor de variant ‘historie’, de bijdrage van de bron bodem is echter groter voor de variant ‘actueel’. Het verschil tussen de benaderingen ‘historie’ en ‘actueel’ is dat bij ‘historie’ de bijdrage van de verschillende bronnen die voor oplading van de bodem hebben gezorgd bij de betreffende bron is verdisconteerd, en dat bij ‘actueel’ de bodemvoorraad als een zelfstandig gegeven wordt beschouwd. Voor stikstof is de bijdrage van de landbouw aan de oplading van de bodem beperkt. Dit wordt veroorzaakt door de opname van beschikbaar stikstof in de bouwvoor; het merendeel van de toegediende stikstof wordt via het gewas afgevoerd. Voor fosfor is de bijdrage van landbouw (en opnieuw ook de bijdrage van kwel) aan de oplading van de bodem groot, er wordt meer fosfor in het bodemsysteem gebracht dan via het gewas wordt afgevoerd.

De bijdrage van kwel is voor zowel stikstof als fosfor aanzienlijk. De berekende bijdrage van de bodem is voor stikstof in beide emissievarianten hoger dan wordt verwacht. Dit duidt er op dat in het model (te) veel organische stof wordt gemineraliseerd. Logischerwijs gebeurt dat in ontwaterde veengronden, maar de totale belasting uit de bodem lijkt toch erg groot te zijn. De uitsplitsing naar de verschillende gronden moet duidelijk maken of deze grote bijdrage van de bodem kan worden verklaard.

De bijdrage van de landbouw vormt volgens deze berekeningen een relatief beperkt deel van de emissie uit het landbouwkundig gebruikt deel van het landelijke gebied. De grootste bijdrage is voor de variant 'actueel' afkomstig uit de bodem. Depositie en kwel leveren kleinere bijdragen.

Fosfor

Ook voor fosfor zijn de bijdragen aan de emissie verschillend van de bijdragen aan de instroom. De bron landbouw veroorzaakt bijna volledig de instroom (Tabel 1).

Opvallend is dat de bijdrage van de depositie aan de P-uitspoeling naar het oppervlaktewater groter dan nul blijkt te kunnen zijn waar de bron absoluut nul is. Dit wordt veroorzaakt doordat bij afwezigheid van landbouw (en dus bemesting) er ook geen stikstof via deze bron in het systeem komt waardoor de gewasgroei en de gewasopname van de vegetatie sterk kunnen afnemen met als gevolg dat de relatieve bijdrage aan de P-uitspoeling toeneemt.

De actuele bijdrage is ongeveer de helft van de historische bijdrage (en qua orde grootte vergelijkbaar met de actuele bijdrage van landbouw aan de emissie van stikstof). De bijdrage van kwel is in de actuele variant nog veel kleiner dan in de variant 'historie'. De oplading van de bodem die heeft plaatsgevonden maakt dat de bijdrage van de bodem in de actuele situatie de grootste bijdrage levert aan de emissie van fosfor naar het oppervlaktewater.

De bijdrage van de bodem is sterk toegenomen als gevolg van de mestgiften in de landbouw. Ook de bijdrage van kwel is groot. Hierbij moet worden bedacht dat de mestgiften betrekking hebben op een periode van ongeveer 90 jaar (vanaf 1941 tot 2030) waar de bijdrage van de kwel een veel langere periode beschrijft omdat ook de initialisatie is aangepast.

4.2 Zand, klei, veen

Stikstof

De bijdrage van de landbouw aan de 'instroom' in het systeem via bemesting is voor alle drie de bodems groot. Voor alle drie de bodems is de bijdrage van hoog in het bodemprofiel toegediende mest aan de emissie naar het oppervlaktewater voor de varianten 'historie' en 'actueel' veel kleiner dan de bijdrage volgens de benadering 'instroom'. De bijdrage van de bodem aan de emissie naar het oppervlaktewater is

conform de verwachting voor de variant ‘actueel’ groter dan voor de variant ‘historie’.

Tabel 2 Procentuele berekende bijdrage van bronnen aan de belasting van het oppervlaktewater in **zandgronden** voor de periode 2000-2015 voor de benaderingen ‘instroom’, ‘historie’ en ‘actueel’

	Stikstof			Fosfor		
	instroom	historie	actueel	instroom	historie	actueel
Depositie	16	10 - 12	8 - 11	0	0-11	0-1
Landbouw	83	35 - 36	27 - 30	99	65 - 83	20 - 21
Kwel	1	13 - 36	5 - 7	1	2 - 65	2 - 3
Bodem		42	59		14	79

Tabel 3 Procentuele berekende bijdrage van bronnen aan de belasting van het oppervlaktewater in **kleigronden** voor de periode 2000-2015 voor de benaderingen ‘instroom’, ‘historie’ en ‘actueel’

Stikstof	Stikstof			Fosfor		
	instroom	historie	actueel	instroom	historie	actueel
Depositie	10	3 - 5	2 - 5	0	0-5	0-1
Landbouw	87	9 - 12	8 - 12	97	26 - 32	17 - 17
Kwel	2	11 - 14	1 - 3	3	33 - 37	3 - 3
Bodem		74	86		34	81

Tabel 4 Procentuele berekende bijdrage van bronnen aan de belasting van het oppervlaktewater in **veengronden** voor de periode 2000-2015 voor de benaderingen ‘instroom’, ‘historie’ en ‘actueel’

Stikstof	Stikstof			Fosfor		
	instroom	historie	actueel	instroom	historie	actueel
Depositie	10	2 - 5	1 - 5	0	1-9	0-1
Landbouw	88	50 - 53	44 - 47	98	51 - 61	40 - 41
Kwel	2	9 - 14	2 - 5	2	6 - 15	2 - 3
Bodem		34	49		27	58

De bijdrage van de bron bodem aan de emissie, die mede wordt bepaald door organisch materiaal afkomstig uit eerder toegediende mest, is (te) groot voor stikstof in klei- en zandgronden, zowel in de variant ‘actueel’ als ‘historie’. Dat de bijdrage van de bodem voor stikstof in veengronden kleiner is dan de bijdrage van zand- en kleigronden is vreemd. De bijdrage van klei (maar ook zand) lijkt te worden overschat, de bijdrage van de veengronden wordt mogelijk onderschat.

Daarom is verkend welke STONE-plots de grootste uitspoeling hebben: dat blijken de lichte klei- en zavelbodems te zijn die vaak zijn gedraineerd. Deze plots hebben een snelle uitspoeling en zijn daardoor het meest gevoelig voor de emissie van nutriënten naar het oppervlaktewater. De grote bijdrage van de bodem en de sterke verschuiving tussen de bijdragen van de bronnen duiden er op dat een belangrijk deel van de belasting uit de ondergrond afkomstig is. Hiervoor zijn verschillende mogelijke oorzaken te noemen:

1. De diepte van de modellagen in het model is niet op elkaar afgestemd. Zo kan de laag waarin mest wordt toegediend dikker zijn dan de wortelzone. De dieptes van bemesting, ploegen, bewortelen en vrijkomen gewasresten moeten in het model op elkaar worden afgestemd.

2. Als gevolg van ontbreken van bemesting neemt de gewasopname af en kan de uitspoeling toenemen. In de methodiek is aangenomen dat zonder landbouw alle geproduceerde droge stof op het land blijft en dat er dus ook geen nutriënten worden afgevoerd.
3. Bij het tot stand komen van STONE versie 2 is de geochemische schematisering gebaseerd op een studie van Griffioen et al(2000). Deze informatie is door Kroon et al (2001) verder verwerkt tot invoer voor STONE voor de lagen dieper dan 1 m – mv. Nadere inspectie leert dat aan veel geologische eenheden een onrealistisch hoog organisch stofgehalte en aluminium- en ijzergehalte is toegekend. Vooral onder klei/zavel bovengronden komen organisch stofrijke lagen voor waarin mineralisatie optreedt op het moment dat bodemlucht in deze lagen kan binnentreden. TNO Bouw en Ondergrond heeft in 2006 een studie uitgevoerd om op basis van de meest actuele gegevens de parameterisering van de ondergrond te verfijnen en te actualiseren. Het resultaat hiervan wordt in STONE in 2007 verder uitgewerkt.
4. Het model kent één eerste orde afbraakconstante van de organische stof in diepere die in heel Nederland gelijk is voor zand en klei. Voor de natuurlijk aanwezige stof geldt voor klei een lagere waarde. Dit is een bekend artefact in het model die in de EMW 2007 zal worden opgelost.

Deze artefacten van het model komen vooral aan het licht in de snel uitspoelende (gedraineerde) zavels en lichte kleien en zijn daardoor vooral zichtbaar in de zeeleigebieden. De bijdrage van de bron bodem aan de emissie van stikstof naar het oppervlaktewater lijkt te worden overschat waardoor de relatieve bijdrage van landbouw en andere bronnen wordt onderschat.

Fosfor

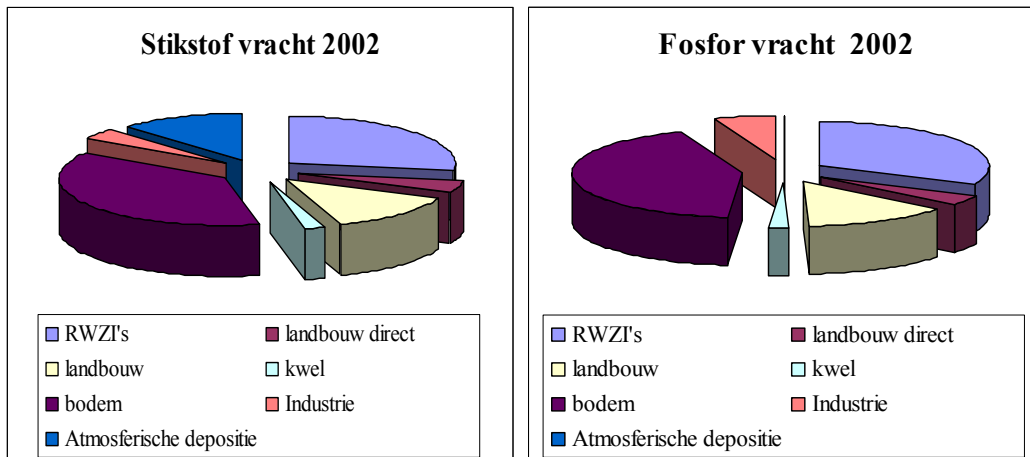
De instroom in het bodem-water-plant systeem wordt voor alle bodems nagenoeg volledig veroorzaakt door bemesting. De vastlegging in de bodem is het grootst voor zandgronden en is het kleinst voor veengronden. Dit stemt overeen met inzichten uit eerdere onderzoeken. De bijdrage van de bodem aan de emissies lijkt voor de zand- en vooral de kleigronden in de variant ‘historisch’ aan de lage kant, de voorraden in de bodem lijken te worden onderschat. Een toename van de bijdrage van de bodem voor de variant ‘historisch’ zal echter ook leiden tot een toename van de bijdrage van de bodem in de variant ‘actueel’, en die is al hoog.

4.3 Bijdrage bronnen in Nederland

Met de gevolgde werkwijze kan de bijdrage van de bron landbouw zoals opgenomen in de emissieregistratie worden uitgesplitst naar de bronnen depositie, landbouw, kwel en bodem.

Voor deze studie gebruik is gemaakt van ‘oude’ inschattingen van toekomstige bemestingsniveaus en van een verouderde STONE versie (voor EMW 2004). De resultaten van deze studie geven dan ook een eerste indicatie van de bijdrage van de diffuse bronnen in het landbouwgebied.

De berekende relatieve bijdragen van deze bronnen voor van de 'actuele' variant zijn gebruikt om de resultaten van Fraters et al (2004) verder onder te verdelen (Figuur 5). Voor de 'actuele' variant is de bron landbouw uitgeschakeld door 1) de bemesting op nul te zetten, 2) geen grondbewerking uit te voeren en 3) geen gewas af te voeren. Daardoor wordt een indruk van het maximale effect van brongerichte maatregel 'saneren van de bron landbouw' verkregen. De bijdrage van de actuele bron landbouw is veel kleiner dan door Fraters et al op basis van de ER-C is gesuggereerd. De bijdrage van de bodem, die natuurlijk ook mede door de landbouw is opgeladen, is aanzienlijk en vraagt om specifieke maatregelen.



Figuur 5 Stikstof en fosforbelasting van de zoete watersystemen in Nederland in 2002 (data Fraters et al 2004) voor de bron landbouw verder uitgesplitst met de resultaten van deze studie.

5 Plausibiliteit

De emissies van puntbronnen zijn voor stikstof en fosfor goed te meten. De bijdrage van diffuse bronnen is moeilijker (lokaal) te meten. Op regionaal en nationaal niveau zijn uitsluitend schattingen te maken met eenvoudige dan wel meer differentiërende modellen. Op perceelsniveau is de emissie naar het oppervlaktewater vanuit het bodem-water-plant systeem alleen direct te meten bij percelen met een ondoorlatende onderrand en met drainbuizen die goed zijn te bemonsteren.

Om de plausibiliteit van de resultaten van deze verkenning te toetsen worden de resultaten van lokale en regionale studies waarin veel is gemeten vergeleken met de uitkomsten van deze rekenexercitie. Stofbalansen op lokale en regionale schaal in Nederland zijn gepubliceerd voor:

- De DOVE-projecten (Den Pol, Waardenburg, Vlietpolder)
- Vier poldergebieden (Lopikerwaard, Bergambacht, Rozendaal en De Vier Noorderkoggen)
- DOVE-veen met modellen (Vlietpolder)

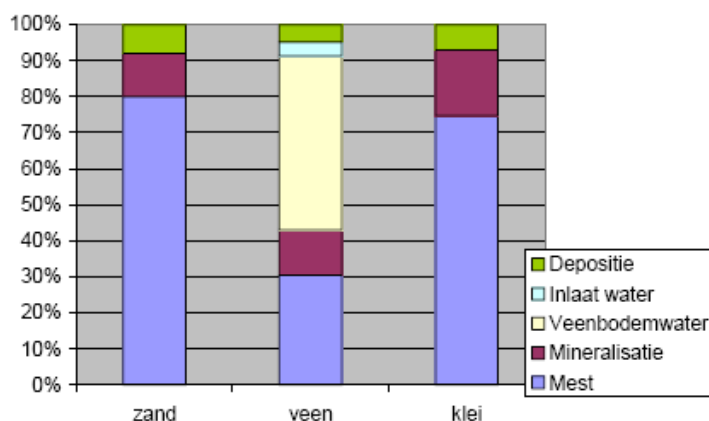
5.1 DOVE-projecten

In de drie recentelijk uitgevoerde DOVE-projecten (Diffuse Belasting Oppervlaktewater door de Melkveehouderij) is de bijdrage onderzocht van de melkveehouderij aan de stikstof(N)- en fosfor(P)-belasting van het oppervlaktewater. Op drie percelen op de grondsoorten klei, veen en zand zijn metingen verricht aan relevante bodemchemische-, bodemfysische-, hydrologische- en oppervlaktewaterparameters. De exacte bijdrage van de bemesting op het perceel aan de belasting van het oppervlaktewater is in deze projecten niet rechtstreeks vast te stellen door de interactie tussen enerzijds de bronnen van nutriënten (bijvoorbeeld bemesting en mineralisatie) en anderzijds de transportroutes naar het oppervlaktewater (bijvoorbeeld oppervlakkige afspoeling). Beide geven informatie over de bijdrage van de belasting van het oppervlaktewater, maar zijn moeilijk te combineren omdat het niet te meten is welke fractie van een bepaalde bron via een bepaalde route wordt afgevoerd.

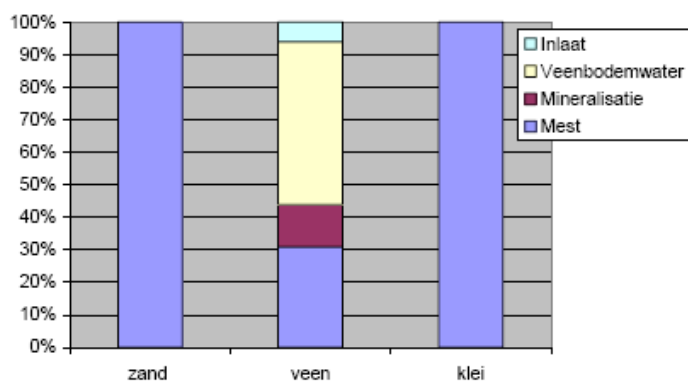
Plette, van Beek en Van der Salm (2004) schatten daarom de bijdrage van de landbouw aan de belasting van het oppervlaktewater voor de drie DOVE-locaties (Figuur 6 en Figuur 7) op basis van de instroom van de bronnen: de bijdrage van de bronnen aan de emissie naar het oppervlaktewater wordt verondersteld gelijk te zijn aan de bijdrage aan de 'instroom' in het bodem-water-plant systeem.

In hoofdstuk 4 van dit rapport is geconstateerd dat de benadering 'instroom' niet geschikt is de bijdrage van de bronnen aan de emissies te kwantificeren. Wel kan voor de toetsing van de plausibiliteit worden nagegaan in hoeverre de instroom in beide studies overeenkomt dan wel verschilt. Daarbij moet niet worden vergeten dat

de schalen waarop de studies betrekking hebben sterk verschillen; van lokaal (DOVE) tot nationaal (deze bronnenanalyse).



Figuur 6 Bijdrage (in %) verschillende bronnen aan de N belasting van het oppervlaktewater voor de 3 DOVE locaties (Plette, Van Beek en Van der Salm 2004).



Figuur 7 Bijdrage (in %) verschillende bronnen aan de P belasting van het oppervlaktewater voor de 3 DOVE locaties (Plette, Van Beek en Van der Salm 2004).

Op de zand- en kleilocatie blijkt met deze methode 70 tot 80% van de belasting met N gerelateerd te zijn aan landbouw. Voor P is dit nog hoger, omdat de bijdragen van mineralisatie en atmosferische depositie veel kleiner zijn dan bij N. Dit komt redelijk overeen met de bijdrage van de 'instroom' voor zand- en kleigronden (Tabel 2 resp. Tabel 3) berekend in deze studie. De locatie op veen laat een andere bronverdeling zien. Circa 30% van de belasting van de sloot met N en P is afkomstig uit de landbouw, de grootste bijdrage is afkomstig uit de bodem (mineralisatie van veen en veenbodemwater). Omdat in deze studie de mineralisatie en vastlegging in de bodem niet als bron zijn meegenomen in de variant 'instroom' kunnen de resultaten voor deze variant in veengronden niet zonder meer worden vergeleken.

5.2 DOVE-veen met modellen

Het DOVE-veen project is uitgevoerd in de periode 1999-2002 op een veenweidenperceel in De Vlietpolder nabij Hoogmade. Om de emissie naar het

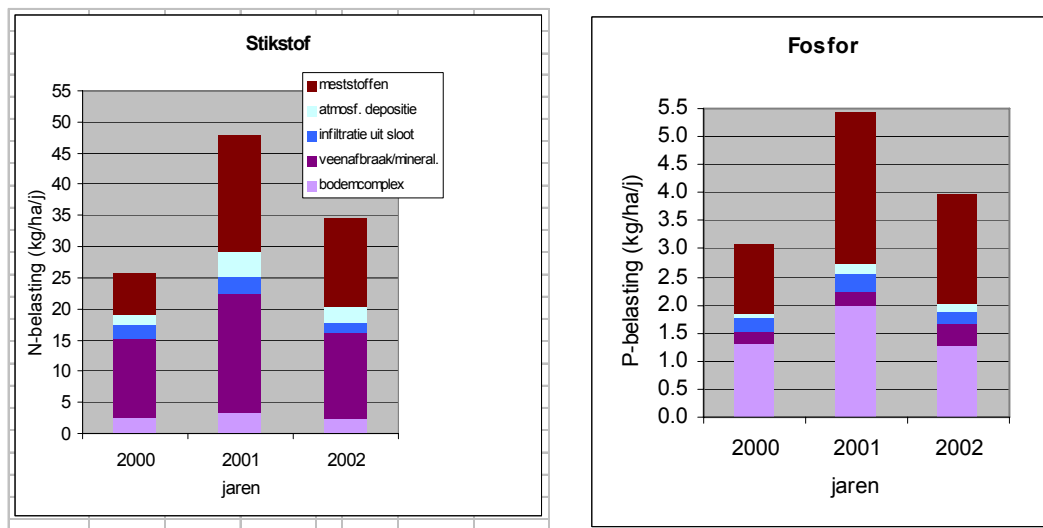
oppervlaktewater te bepalen, moeten gemeten grootheden, zoals het verloop in de tijd van de grondwaterstand en van concentraties van chloride, N en P in bodem, grond- en oppervlaktewater, worden geïnterpreteerd in relatie tot afgevoerde debieten van de perceelssloot. Gebruik van procesgeoriënteerde modellen kan een hulpmiddel zijn bij deze interpretatie. De meetresultaten zijn gebruikt om de modellen SWAP en ANIMO te kalibreren en valideren. Beide modellen liggen ten grondslag aan het modelinstrumentarium STONE (bijlage 1). Met de gekalibreerde en gevalideerde SWAP-ANIMO-modellen is de bijdrage van de melkveehouderij aan de nutriëntenbelasting voor het veenweidenperceel in de Vlietpolder geanalyseerd (Hendriks et al 2006).

Emissie nutriënten

De met SWAP-ANIMO berekende N- en P-vrachten blijken enorm te verschillen tussen de jaren. Dit is het gevolg van de grote variatie in neerslag en vooral ook in het neerslagoverschot (neerslag minus verdamping). De N- en P-vracht kunnen uitzonderlijk hoog zijn door de extreme weersomstandigheden. De berekende gemiddelde uitspoelingconcentraties vertonen minder grote verschillen tussen de verschillende jaren. Deze concentraties liggen in dezelfde orde van grootte als N- en P-uitspoelingconcentraties eerder berekend met SWAP-ANIMO voor veenweidenpolders in de Krimpenerwaard en de Lopikerwaard.

Bijdragen bronnen

Met de gekalibreerde en gevalideerde SWAP-ANIMO zijn de bijdragen van de belangrijkste nutriëntenbronnen aan de N- en P-belasting geanalyseerd (Fig. 1 en 2).



Figuur 8 Berekende stikstof- en fosforvracht naar het oppervlaktewater van het proefperceel in De Vlietpolder uitgesplitst naar de bijdragen van de bronnen voor de drie meetjaren.

Opnieuw vallen de grote verschillen in vrachten tussen de verschillende jaren meteen op. In de zeer natte jaren 2001 en 2002 levert mest verreweg de belangrijkste P-bijdrage (50%) en een even grote N-bijdrage als veenafbraak/mineralisatie (40%). In het drogere jaar 2000 is de bijdrage van meststoffen echter aanzienlijk geringer voor

N (25%) en P (40%). Belangrijkste bron onder drogere omstandigheden vormt voor N veenaafbraak/ mineralisatie (50%) en voor P uitloging van het sterk met P opgeladen veenbodemcomplex (43%). Voor N is uitloging slechts een geringe (6-10%) bron; bij P geldt dat voor afbraak/mineralisatie (4-10%). Atmosferische depositie is voor P de kleinste bron, gevolgd door infiltratie van slootwater als de op één na kleinste bron. Voor N is infiltratie van slootwater de kleinste en atmosferische depositie de op één na kleinste bron (Tabel 5 en Tabel 6). Kwel treedt op dit perceel niet op.

Tabel 5 Procentuele bijdrage van de bronnen aan de emissie van nutriënten naar het oppervlaktewater (Hendriks et.al. 2006)

stikstof	2000	2001	2002	gemiddeld
mest	26	39	41	37
depositie	7	8	8	8
infiltratie	8	6	5	6
mineralisatie	50	40	40	42
complex	10	7	6	7

Tabel 6 Procentuele bijdrage van de bronnen aan de emissie van nutriënten naar het oppervlaktewater (Hendriks et.al. 2006)

fosfor	2000	2001	2002	gemiddeld
mest	40	50	49	47
depositie	3	3	3	3
infiltratie	8	6.3	5	6
mineralisatie	7	4	10	7
complex	42	37	32	37

Hendriks et al concluderen dat de bijdrage van de melkveehouderij (mest), in niet-extreme weerjaren niet de grootste bijdrage aan de N- en P-belasting van het oppervlaktewater van het DOVE-veen perceel levert. Onder (extreem) natte omstandigheden kan mest wel de grootste bijdrage leveren.

5.3 Vier proefgebieden in Laag Nederland

In het kader van het onderzoek naar gebiedsgerichte normstelling is voor 4 polders in Laag Nederland een analyse uitgevoerd om de bronnen van nutriëntenbelasting te identificeren en kwantificeren (Hendriks et al 2002). De vier proefgebieden zijn:

1. Bergambacht (Krimpenwaard), een veenweidegebied met eutroof veen dat deels is afgedekt met een kleipakket, netto kwel (0-0.5 mm/d), 15 % open water en een drooglegging van 35-45 cm in veen tot 65 cm in het klei-op-veen gebied. Midden jaren 90 bedroeg de mestgift op grasland 380 kg N (waarvan 150 kg kunstmest) en 35 kg P (bijna volledig via dierlijke mest).
2. Rozendaal (Lopikerwaard), een veenweidegebied met bijna uitsluitend eutroof veen, netto kwel (0.05-0.3 mm/d), 7 % open water en een drooglegging van 45-50 cm. Midden jaren 90 bedroeg de mestgift op grasland 540 kg N (waarvan 185 kg kunstmest) en 60 kg P (waarvan 15 kg kunstmest).

3. De Vier Noorderkoggen (bij Medemblik), een relatief hooggelegen polder met lichte klei/zavelpolder met grasland en akkerbouw, 4% open water, 40 mm wegzijging per jaar, en een drooglegging die binnen de polders varieert van 45-180 cm-mv. Midden jaren 90 bedroeg de mestgift op grasland 500 kg N (waarvan 240 kg kunstmest) en 55 kg P (waarvan 15 kg kunstmest). Op bouwland bedroeg in dezelfde periode de mestgift 235 kg N (waarvan 120 kg kunstmest) en 55 kg P (waarvan 30 kg kunstmest).
4. De Putten (bij Drachten), een polder met grasland op zand en (mesotrofe) veenbodems met in de ondergrond een potkleilaag, waarschijnlijk geen interactie met het regionale systeem, 3% open water en een drooglegging van 100-165 cm-mv. Midden jaren 90 bedroeg de mestgift op grasland 445 kg N (waarvan 200 kg kunstmest) en 40 kg P (waarvan 10 kg kunstmest).

De gebieden verschillen sterk in eigenschappen, gebruik en bedrijfsvoering/mestgift. De water- en nutriëntenhuishouding zijn voor deze gebieden gesimuleerd met modellen, o.a. SWAP en ANIMO, dezelfde modellen die ook in STONE worden gebruikt. Om de bijdrage van de verschillende bronnen te kunnen bepalen zijn net als in deze studie aanvullende berekeningen uitgevoerd waarbij de verschillende bronnen zijn uitgeschakeld. In deze studie is de periode 1970 – 1998 bestudeerd, de periode waarin de mestgiften eerst sterk zijn toegenomen en vanaf 1988 door de verschillende vormen van mestbeleid weer zijn afgenomen. Dat betekent dat in deze periode de bijdrage van de bronnen ook sterk is veranderd. Om de plausibiliteit van de resultaten van deze studie te toetsen wordt de door Hendriks et al berekende verdeling van de bronnen in de tweede helft van de jaren negentig gebruikt (Tabel 7). De werkwijze van Hendriks komt overeen met de variant ‘Historie’ waarbij de bronnen in 1941 zijn uitgeschakeld.

Tabel 7 Procentuele bijdrage van de bronnen in de vier poldergebieden voor de periode 1995-1998 aan de emissie van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater (Hendriks et al 2002)

Stikstof	Bergambacht	Rozendaal	NoorderKoggen	De Putten
Bodem	36	29	23	14
Kwel	32	39	19	12
mest	28	32	58	74
Bagger	4			

Fosfor	Bergambacht	Rozendaal	NoorderKoggen	De Putten
Bodem	28	32	21	36
Kwel	47	40	61	21
mest	23	28	18	43
Bagger	2			

De diversiteit van de gebieden wordt weerspiegeld in de verdeling van de bijdragen van de bronnen. Atmosferische depositie is niet onderscheiden maar is hier onderdeel van de bron bodem, wel is voor de Krimpenerwaard de bron bagger onderscheiden. Bodem en kwel zijn belangrijke bronnen naast mest. De bijdrage van de bodem hangt sterk samen met de hoeveelheid organisch materiaal in de bodem en is daarom het grootst in veengronden en het laagst in minerale gronden. De bijdrage van kwel is zeer sterk lokaal bepalend; de hoge bijdrage aan de P-afvoer naar het oppervlaktewater in NoorderKoggen is bijvoorbeeld het gevolg van de hoge P-

concentraties in de kwel. Binnen de gebieden verschilt de bijdrage van de bronnen eveneens sterk als gevolg van verschillen in bodems, drooglegging/ontwatering, landgebruik en bedrijfsvoering/mestgiften binnen de gebieden. De NoorderKoggen kunnen door de grote bijdrage van kwel niet worden gebruikt om de plausibiliteit van de nationale berekeningen te toetsen, datzelfde geldt voor De Putten omdat dit gebied zand en veen betreft op een ondoorlatende potkleilaag. Beide zijn daarmee niet representatief voor de klei- resp. zand- of veengebieden.

5.4 Plausibiliteit

De resultaten van deze studie hebben laten zien dat de bijdrage aan de emissie naar het oppervlaktewater voor zowel stikstof als fosfor niet gelijk is aan de bijdrage aan de instroom in het systeem. De bijdragen van de bronnen voor de DOVE-percelen volgens Plette et al geven daardoor geen goed beeld van de bijdrage van de bronnen aan de emissie naar het oppervlaktewater en kunnen niet worden gebruikt om de bijdragen van de bronnen aan de nutriëntenbelasting op het oppervlaktewater te toetsen.

Geprobeerd is de resultaten van de andere besproken bronnenanalyses te gebruiken om de resultaten van deze studie te toetsen. Dat blijkt lastig omdat in de verschillende studies verschillende bronnen zijn onderscheiden. Bij de regionale studies is bijvoorbeeld atmosferische depositie niet onderscheiden als bron. Dit is opgelost door voor de vergelijking de bijdrage van atmosferische depositie samen te voegen met de bijdrage van de bodem. Daarnaast hebben de studies betrekking op verschillende schalen: de data voor Bergambacht en Rozendaal hebben betrekking op polders en deze studie is landelijk. Er kunnen grote verschillen in de bijdragen van bronnen optreden als gevolg van de specifieke (lokale/regionale) omstandigheden (kwel, veentype, ontwatering, bedrijfsvoering, etc.). Deze lokale/regionale verschillen blijken uit de verschillen in balansen voor deze gebieden, wel/geen kwel, wel/geen infiltratie en wel/geen bagger als bron. Omdat voornamelijk voor de veengebieden meer bronnenanalyses zijn gepleegd wordt de plausibiliteit van de resultaten van deze studie daaraan getoetst, de werkwijze van de andere studies maakt dat daarvoor de variant 'historie' moet worden gebruikt (Tabel 8).

Tabel 8 De procentuele bijdrage van de bronnen aan de belasting op het oppervlaktewater in veengebieden voor de verschillende studies.

Stikstof	Vlietpolder	Bergambacht	Rozendaal	historie
Depositie	8	nb	nb	2 - 5
Mest	37	28	32	50 - 53
Kwel	na	32	39	9 - 14
Bodem	57*	36	29	36-39*

Fosfor	Vlietpolder	Bergambacht	Rozendaal	historie
Depositie	3	nb	nb	1-9
Mest	47	23	28	51 - 61
Kwel	na	47	40	6 - 15
Bodem	47*	28	32	28-36*

Na = niet aanwezig; nb = niet bepaald, i.e. ondergebracht bij bodem;

* Depositie is voor het vergelijken opgeteld bij de bijdrage van de bodem

De bijdrage van de bronnen verschilt bijzonder tussen Bergambacht, Rozendaal en deze studie. Dit wordt veroorzaakt door de grote bijdrage van kwel in Bergambacht en Rozendaal. Een grotere bijdrage van kwel resulteert automatisch in een kleinere bijdrage van de andere bronnen. Gerelateerd aan de andere studies lijkt daarom de bijdrage van de bron bodem in deze studie voor veen aan de lage kant. Voor kwel kan moeilijk een conclusie worden getrokken omdat die zeer sterk lokaal is bepaald. De bijdrage van landbouw lijkt in de studie iets hoger dan in de andere studies als gevolg van de kleinere bijdrage van de kwel en de (te) kleine bijdrage van de bron bodem. Dit beeld is hetzelfde voor stikstof en voor fosfor.

De balans voor de Noorderkoggen vergelijken met de historie voor de kleigronden landelijk laat verschillen zien tussen de bronnen van stikstof en fosfor. Dat wordt veroorzaakt door de plaatselijk grote bijdrage van de kwel in de Noorderkoggen. Wanneer daar rekening mee wordt gehouden lijkt de bijdrage van de bodem voor fosfor in deze studie redelijk overeen te komen, datzelfde geldt voor de bijdrage van mest. Voor stikstof geldt hetzelfde voor de kwel, de bijdrage van de bodem blijkt voor stikstof in deze studie veel groter en de bijdrage van de landbouw is daardoor kleiner.

Zoals eerder geconstateerd moet aandacht worden besteed aan de schematisering en parameterisering van de (ondiepe) ondergrond in het bijzonder in kleigebieden. Door een betere schatting van de initiële voorraden in de bodem en door gebruik van in de diepte gedifferentieerde afbraakconstanten voor organische stof zal de relatieve bijdrage van de bodem aan de emissie van stikstof waarschijnlijk lager uitvallen dan hier is gepresenteerd. Dat betekent dat de bijdrage van de bron landbouw voor stikstof waarschijnlijk iets groter zal zijn dan nu berekend. Een betere schatting van de initiële P-voorraden in de bodem zal echter voor fosfor leiden tot een grotere bijdrage van de bron bodem en tot een lagere bijdrage van de bron landbouw. Aanbevolen wordt deze exercitie om de bijdrage van de bronnen te bepalen regelmatig met nieuwe kennis en data te herhalen voor de onderbouwing van de decembernota's Implementatie KRW.

6 Discussie

Deze studie is een verkenning naar de bijdrage van de verschillende diffuse bronnen in het landelijke gebied aan de emissie van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater. Daarbij is gebruik gemaakt van de verouderde STONE-versie 2.1.1 en zijn 'oude' inschattingen van toekomstige bemestingsniveaus gehanteerd. De gevolgde werkwijze levert een eerste indicatie van o.a. de actuele bijdrage van de bron landbouw. De lessen uit deze vingeroefening kunnen worden gebruikt om de werkwijze voor de bronnenanalyse te verbeteren dan wel te herzien.

Bronnenanalyse

Niet alle bronnen in het landbouwgebied zijn in deze studie meegenomen, denk aan bagger, aan infiltratie uit waterlopen, directe slootkwel.

- De bron bagger kan in een steady-state benadering op langere termijn mogelijk worden verwaarloosd (in dat geval heb je het over een soort kringloop vanuit het water naar het land en terug minus de verliezen naar de atmosfeer), op kortere termijn kan bagger lokaal waarschijnlijk grote invloeden hebben op de waterkwaliteit.
- De bijdrage van de bron infiltratie blijkt uit eerder uitgevoerde studies niet groot te zijn, ook hier is sprake van een kringloop maar nu met een kortere periode, de stoffen die tijden droogte/aanvoer infiltreren worden 's winters weer afgevoerd naar het oppervlaktewater.

De in deze studie gevolgde werkwijze is bruikbaar om de bijdrage van de bronnen te kwantificeren. De gevolgde werkwijze geeft een indruk van het 'overalleffect' van de verschillende bronnen en voldoet daarmee aan de doelstelling van de studie: het kwantificeren van de bijdragen van de bronnen in het landelijke gebied. Landbouw heeft bijvoorbeeld grote verschuivingen in bodemprocessen tot gevolg waardoor uitspoeling van N en/of P afkomstig uit andere bronnen kan worden vergroot of verkleind. De gehanteerde werkwijze volgt niet het pad van de mestdeeltjes die uit- of afspoelen. Wanneer inzicht nodig is hoe de verschillende bronnen elkaar beïnvloeden moet ANIMO de herkomst van de nutriënten bijhouden ('virtuele C¹⁴/N¹⁵-methode'). De laatste werkwijze maakt het mogelijk de interacties tussen de processen in de bodem beter te begrijpen en daarmee het model, de parameterwaarden en de resultaten te verbeteren waardoor de effecten van maatregelen beter kunnen worden onderbouwd maar ook maakt de verkregen kennis het mogelijk om maatregelen te optimaliseren.

Verbeteren STONE

Het bepalen van de bijdrage van de bronnen met STONE is een nieuwe toepassing. Om de bijdrage van deze bronnen beter te kunnen kwantificeren moet een aantal aanpassingen worden gerealiseerd:

- Beter schatten van kwelfluxen en kwelconcentraties.

- De diepte van de bodemprofielen nader specificeren zodat de geohydrologische eigenschappen beter worden doorvertaald in de relatie tussen grondwater en oppervlaktewater.
- Verbeteren van de initiële schatting van de toestand van de bodem dieper dan 1 m – mv. ten aanzien van het organische-stofgehalte, de fosfaatvoorraad en P-verzadigingsgraad
- Afbraakconstanten voor organisch materiaal in de ondergrond specificeren voor verschillende geologische eenheden.
- Verbeteren van het gewasopnameconcept voor laagbelaste systemen
- Onderscheiden meer teeltsystemen als bijvoorbeeld groenten, bollen, bomen.
- Invoeren van gewasrotaties

Deze aanpassingen van model, schematisering en parameters worden grotendeels uitgevoerd voor de nieuwe Evaluatie van de Mestwetgeving (EMW 2007). De EMW 2007 zal dan ook worden gebruikt om de bijdrage van de bronnen beter te kunnen bepalen.

Indicatie van verbeteren STONE tbv EMW2007

Voor de voorbereiding op berekeningen voor EMW 2007 zijn in STONE een aantal verbeteringen doorgevoerd. Binnen het bestek van deze studie konden alleen eerste voorlopige resultaten van deze nieuwe versie worden meegenomen in de analyse. De eerste indruk is dat in de verbeterde versie van STONE invloed heeft op de schatting van de bijdragen van de bronnen in het landbouwgebied. Door een betere schatting van de initiële voorraden in de bodem en door gebruik van in de diepte gedifferentieerde afbraakconstanten voor organische stof zal de relatieve bijdrage van de bodem aan de emissie van stikstof voor zand- en kleigronden waarschijnlijk lager uitvallen dan in deze studie is gepresenteerd. Dat betekent dat de bijdrage van de bron landbouw voor stikstof (behalve wellicht voor veengronden) waarschijnlijk iets groter zal zijn dan nu berekend. Een betere schatting van de initiële P-voorraden in de bodem over de verschillende bodemgebruikvormen (betere inschatting reactiviteit organische stof en verdeling van mineraal-P en organisch-P in mest) zal echter voor fosfor leiden tot een grotere bijdrage van de bron bodem en tot een lagere bijdrage van de bron landbouw. De grootte van deze veranderingen hangt af van de doorwerking van de aanpassingen en zal verschillen voor de scenario's en de tijdshorizonten.

Gebruik van de bronnenanalyse

Stone is ontwikkeld voor evaluaties van mestbeleid op landelijke schaal. Daarom bestaat de invoer niet uit de meest gedetailleerde gegevens, en wordt gebruik gemaakt van 6405 geschematiseerde rekeneenheden. Bij deze schematisatie is rekening gehouden met gewas, bodem, waterhuishouding, geohydrologie etc. De bemestingsniveaus voor gras, maïs en overig bouwland worden voor de 31 LEI-regio's vastgesteld. STONE levert een schatting van de emissie naar grond- en oppervlaktewater voor de rekeneenheden. De rekenresultaten van STONE zijn in overeenstemming met het doel waarvoor dit instrument is opgezet en getoetst: het landelijke niveau. Het zwaartepunt heeft daarbij gelegen op de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. De belasting naar het oppervlaktewater heeft minder aandacht gekregen maar is als gevolg van de Kaderrichtlijn Water wel uitermate

relevant. De vraag op welk schaalniveau STONE nog verantwoord kan worden toegepast voor belasting op het oppervlaktewater is momenteel nog onderwerp van studie.

De bijdrage van de landbouw is berekend door het land braak te laten liggen i.e. door geen mest toe te dienen, door geen grondbewerking uit te voeren, en door geen gewas af te voeren. Deze “geen landbouwvariant” heeft het nadeel dat in het model ANIMO de gewasopname reageert op de verandering van beschikbaarheid van nutriënten waarbij het model (nog) niet alle terugkoppelmechanismen meeneemt. De gewasopname in Animo en de omzettingsprocessen in de bodem zijn ontwikkeld en geparameteriseerd voor hoogbelaste landbouwsystemen en moeten nog voor laagbelaste landbouwkundige systemen worden getoetst. Resultaten van dergelijke scenario's moeten met enig voorbehoud worden geïnterpreteerd. In een studie van Kros et al (2005) wordt geconcludeerd dat ANIMO de nutriëntenbeschikbaarheid in natte veengebieden (natuur) niet slechter beschrijft dan het specifiek voor laagbelaste systemen ontwikkelde model SMART (Kros, 2002). Dat geeft enig vertrouwen voor gebruik van ANIMO in laagbelaste systemen en biedt perspectief voor aanpassingen. Het is wenselijk ANIMO te toetsen en te verbeteren aan (nog te verzamelen) metingen in laagbelaste percelen, bijvoorbeeld in natuurgebieden of uitmijnproeven.

De bijdrage van de bronnen is in deze studie uitgedrukt in procenten van de totale belasting in de betreffende periode. Omdat de totale belasting in de tijd verandert kan de relatieve bijdrage van een bron toenemen terwijl deze absoluut is afgenomen (en omgekeerd). Daarom wordt aanbevolen voor analyses van veranderingen in de tijd zowel relatieve bijdragen als de absolute belasting te presenteren. Dat geldt zowel voor de bijdrage van bronnen als voor de effecten maatregelen.

Scenario's

Goed definiëren van scenario's is essentieel om vragen adequaat te kunnen beantwoorden. De in deze studie gehanteerde variant ‘geen landbouw’ gaat uit van het volledig afwezig zijn van de functie (grondgebonden) landbouw: 1) geen bemesting, 2) geen grondbewerking en 3) geen gewasafvoer zodat het land braak ligt. Hierdoor worden ook nauwelijks of geen nutriënten afgevoerd. Er zijn ook scenario's mogelijk waarbij de bemesting verder wordt verlaagd of voor fosfor zelfs wordt uitgeschakeld maar waarbij wel landbouwkundig wordt geproduceerd. Dergelijke scenario's hebben in essentie betrekking op de maatregelen lagere bemestingsniveaus dan de gebruiksnormen en/of uitmijnen. Het zijn ‘bemestingsvarianten’ waarbij de functie landbouw in een bepaalde vorm blijft bestaan. Met de variant ‘geen landbouw’ wordt de bijdrage van de bron landbouw geschat, met de ‘bemestingsvarianten’ wordt het effect van een vorm van landbouw met lage input aan nutriënten in het systeem verkend. Omdat de landbouw niet alleen nutriënten aanvoert maar ook nutriënten afvoert kan het zo zijn dat bemestingsvarianten gericht op uitmijnen een positiever milieueffect hebben dan stoppen van de functie landbouw. Landbouw met lage nutriënteninput en een optimale gewasafvoer gericht op uitmijnen is een maatregel om de voorraad in de bodem en daarmee de belasting op het oppervlaktewater uit deze bron zo snel mogelijk te reduceren.

De bijdragen van de bronnen variëren in de tijd. Dat leidt tot de vraag of je kosteneffectieve maatregelen moet zoeken voor een langjarig (zomer)gemiddelde toestand of juist voor extreme situaties.

7 Conclusies

De voor deze studie gevolgde werkwijze is bruikbaar om de bijdrage van de bronnen te schatten. De resultaten van deze studie geven een eerste indicatie van de bijdrage van de diffuse bronnen in het landelijke gebied voor de actuele situatie en voor de historie. Daarmee wordt het mogelijk gericht maatregelen te zoeken die ertoe leiden dat de diffuse belasting van het oppervlaktewater met nutriënten uit het landelijke gebied wordt gereduceerd. Aanbevolen wordt om voor de onderbouwing van de implementatie van de Kaderrichtlijn Water deze exercitie te herhalen wanneer nieuwe kennis en data en een nieuwe versie van het STONE rekeninstrument beschikbaar zijn (bijvoorbeeld zoals begin 2007 wordt ingezet voor de ex-ante analyses van de evaluatie van de mestwetgeving in 2007).

In deze studie is gebruik gemaakt van een eerdere versie van STONE met bemestingsscenario's ten behoeve van verkenningen enkele jaren geleden. De resultaten van deze studie geven slechts een eerste indicatie van de bijdrage van de bronnen. Inmiddels is een verbeterde versie van de hydrologie en een verbeterde versie van het STONE-model beschikbaar. Verwacht wordt, en de eerste berekeningen met de nieuwe versies bevestigen dat, dat de bijdrage van de bron landbouw voor stikstof groter is dan de in deze studie berekende bijdrage. Voor fosfor wordt verwacht dat de bijdrage van de bron landbouw kleiner zal zijn dan nu indicatief is berekend.

De resultaten van deze studie laten zien dat de bijdrage aan de emissie naar het oppervlaktewater niet gelijk is aan de bijdrage aan de instroom in het systeem. Deze (te) simpele methode is niet geschikt om de bijdragen van bronnen aan de emissie naar het oppervlaktewater te schatten.

De in deze studie berekende directe bijdrage van landbouw als één van de diffuse bronnen in het landelijke gebied voor de emissie van nutriënten naar het oppervlaktewater is kleiner dan in recente bronnenanalyses voor Nederland op basis van de emissieregistratie is geschetst, ook wanneer de door de landbouw veroorzaakte bijdrage aan de bodem wordt meegeteld. Dat wordt veroorzaakt doordat de bijdrage van de bronnen 'landbouw' en 'natuur' zoals opgenomen in de emissieregistratie zijn opgebouwd uit de bijdragen van de bronnen depositie, landbouw, kwel en bodem. De ER-C bevat niet de emissies uit de landbouw maar de emissies uit het landbouwkundig gebruikte deel van het landelijke gebied.

De in deze studie berekende bijdrage van de sector landbouw is vergeleken met de bronnenanalyses op regionale schaal aan de hoge kant voor veengronden en is laag voor kleigronden.

De bron 'bodem' is aanzienlijk. Dat wordt mede veroorzaakt door de oplading van de bodemvoorraad als gevolg van landbouwkundige activiteiten. De bijdrage van kwel en atmosferische depositie zijn op landelijke schaal kleiner. De bijdrage van

kwel kan lokaal groot zijn. Om de doelen van de Kaderrichtlijn Water te realiseren moeten naast maatregelen gericht op de emissie uit de landbouw ook maatregelen gericht op de andere (diffuse) bronnen in het landelijke gebied worden verkend, het is daarbij noodzakelijk de bronnen en maatregelen op regionaal niveau onderbouwd te kunnen kwantificeren. Om de belasting uit het (landbouwkundig gebruikte deel van het) landelijke gebied te reduceren zouden vooral ook maatregelen gericht op de bron bodem nader onderzocht moeten worden. Hierbij kan o.a. gedacht worden aan uitmijnen van de bodem via een vorm van landbouw met lagere bemestingsniveaus dan de gebruiksnormen.

Literatuur

Fraters, B. P.H. Hotsma, V.T. Langenberg, T.C. van Leeuwen, A.P.A. Mol, C.S.M. Olsthoorn, C.G.J. Schotten en W.J. Willems, 2004. *Agricultural practice and water quality in the Netherlands in the 1992-2002 period. Background information for the third EU Nitrates Directive Member States report*. De Bilt, RIVM. RIVM-report 500003002/2004

Hendriks, R.F.A., R. Kruijnen, J. Roelsma, K. Oostindie, H.P. Oosterom en O.F. Schoumans, 2002. *Berekening van de nutriëntenverliezen van het oppervlaktewater vanuit landbouwgronden in vier poldergebieden. Analyse van de bronnen*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 408.

Hendriks, R.F.A., D.J.J. Walvoort and M.H.J.L. Jeuken, 2006 (in prep). *Evaluation of SWAP and ANIMO for simulating nutrient loading of surface water for a peat land area. Calibration, validation, and system and scenario analysis for a study area in the Vlietpolder*. Report 619, Alterra, Wageningen.

Griffioen, J., D.J. Huisman, J.H.A. Bosch, F.D. de Lang en H.J.T. Weerts, 2000. *Geologische parametrisatie van de Nederlandse ondergrond ten behoeve van het STONE-model*. NITG-TNO, Delft.

Kroon, T., P. Finke, I. Peereboom en A. Beusen, 2001. *Redesign STONE. De nieuwe schematisatie voor STONE: de ruimtelijke indeling en de toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters*. Lelystad, RIZA. RIZA-rapport 2001.017

Kros, J., P. Groenendijk, J.P. Mol-Dijkstra, H.P. Oosterom, G.W.W. Wamelink, 2005. *Vergelijking van SMART2SUMO en STONE in relatie tot de modellering van de effecten van landgebruikverandering op de nutriëntenbeschikbaarheid*. Wageningen, MNP. WOT-rapport 13.

Kros, J., 2002. *Evaluation of biogeochemical models at local and regional scale*. Wageningen, Wageningen University, PhD thesis.

Plette, S., C. van Beek en C. van der Salm, 2004. *Mest en oppervlaktewater. Een synthese van de 3 DOVE projecten t.b.v. de evaluatie meststoffenwet 2004*. RIZA werkrapport, nr 2004.092x

Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2006. *Water in Beeld en Water in Cijfers*. www.waterinbeeld.nl

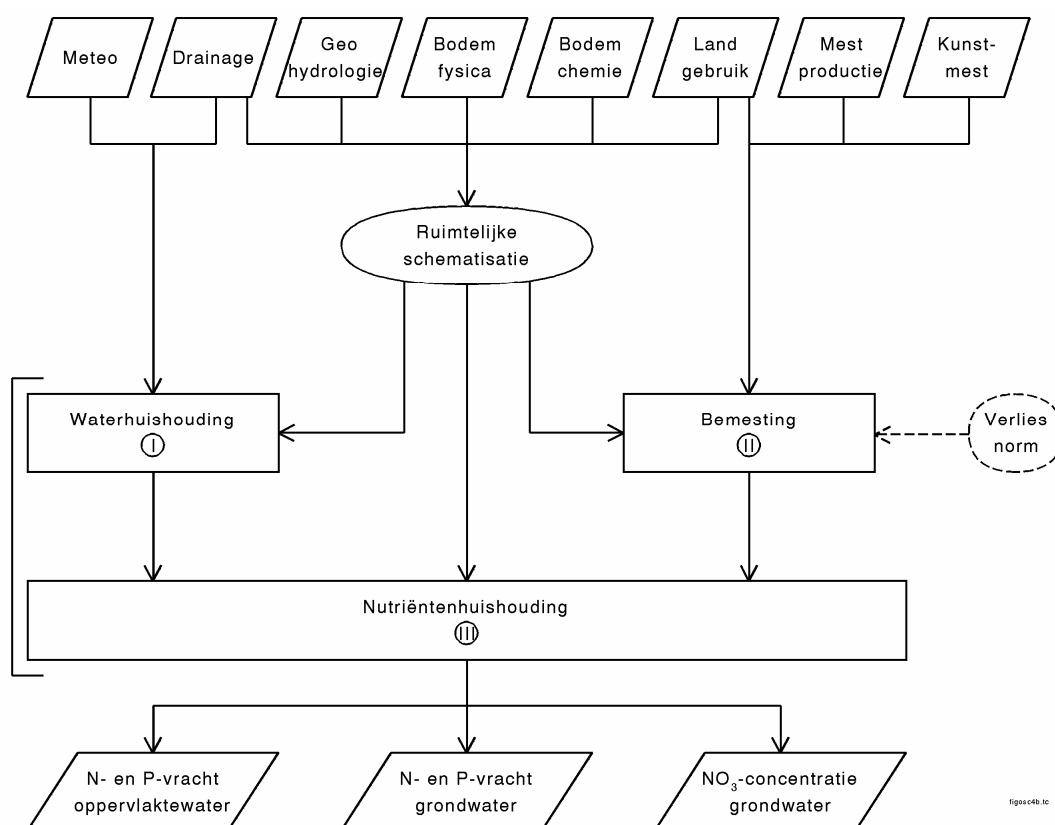
Bijlage 1 STONE

STONE is een modelinstrument dat er op gericht is om op nationale schaal de effecten van nationaal of Europees landbouw- en milieubeleid en van ontwikkelingen in de landbouwsector op de uitspoeling van stikstof en fosfaat naar het grond- en oppervlaktewater te kwantificeren. STONE is een interdepartementaal consensusinstrument dat ontwikkeld is door voornamelijk Alterra, RIZA en RIVM. De ontwikkeling van STONE is gestart vanuit de modellen en gegevens uit de Watersysteemverkenning (1994) en vond grotendeels plaats in de periode 1997 – 2000. Het modelinstrumentarium bestaat uit een aantal componenten, te weten een mestverdelingsmodule CLEAN van het RIVM, een N-depositiemodule OPS/SRM van het RIVM, een bodem-N- en -P-kringloop- en N- en P-emissie-module ANIMO van Alterra en een ruimtelijke schematisatie van Nederland door RIZA. In 2000 is de eerste release (STONE 1.3; Beusen et al, 2000) ingezet voor de Nationale milieuverkenningen 5 (MV5) (Overbeek et al, 2001). De kennis en ervaringen opgedaan bij deze toepassing hebben tot een groot aantal aanpassingen geleid. Dit heeft geresulteerd in een nieuwe release van STONE (versie 2.0). De belangrijkste veranderingen in STONE waren: (1) nieuwe module voor de berekening van de gewasproductie en de stikstof- en fosfaatopname (QUADM0D; Ten Berge et al, 2000); (2) nieuwe modules voor de berekening van denitrificatie en mineralisatie van organische stof; (3) nieuwe ruimtelijke schematisatie van Nederland (Kroon et al, 2001). Voor meer informatie over de historische ontwikkeling en de functionaliteit van STONE, zie Rötter et al (2001).

Van origine was het modelinstrumentarium STONE ontwikkeld voor het doorrekenen van varianten van stikstof- en fosfaatgebruiksnormen, zoals deze in de eerste en tweede fase van het mestbeleid werden opgelegd voor de verschillende landgebruiksvormen. Door de invoering van de nieuwe meststoffenwet, met daaraan gerelateerd het MINAS-systeem, was de mestverdelingsmodule CLEAN niet meer volledig geschikt om de verliesnormen die voor fosfaat en stikstof op bedrijfsniveau gelden, te vertalen naar mestgiften voor stikstof en fosfaat. Er is daarom in deze studie een voorbewerking toegepast om deze verliesnormen te vertalen naar de stikstof- en fosfaatgebruiksnormen in CLEAN. Met name bij de graasveehouderij deed dit probleem zich voor. Deze problematiek heeft er toe geleid dat er veel aandacht is besteed aan de methodiek om voor graasveehouderijbedrijven de juiste bemestingcijfers aangeleverd te krijgen naar de bemestingsmodule CLEAN. Hiervoor is het model FARMMIN van Plant Research International ingeschakeld (Van der Meer et al, 2002).

In 2000/2001 is met STONE versie 2.0 een plausibiliteittoets uitgevoerd (Overbeek et al, 2001). Tijdens een workshop in juni 2001 is STONE versie 2.0 door een breed forum van onderzoekers, beleidsanalisten en onderzoeksmanagers van RIVM, RIZA en Wageningen-UR geschikt verklaard voor beleidsondersteuning, zoals bijvoorbeeld deze inzet van STONE ten behoeve van de evaluatie van de Meststoffenwet in 2002.

Voor het berekenen van de belasting van grond- en oppervlaktewateren met stikstof en fosfaat in Nederland, wordt Nederland opgedeeld in 6405 landeenheden, zgn. plots genoemd. Een plot is een unieke combinatie van voornamelijk geologie, hydrologie, bodemtype en landgebruiksvorm. Elke plot kan worden beschouwd als een unieke, homogene eenheid binnen Nederland, die echter niet uit een aansluitend gebied bestaat. De plotgrootte varieert van 25 tot 21.762 ha met een mediaanwaarde van 287.5 ha. Deze ruimtelijke schematisatie van Nederland is beschreven door Kroon et al (2001). Onderstaande figuur geeft een schematische weergave van het huidige modelinstrumentarium van STONE met de belangrijkste deelmodellen en datainstroom- en dataoutput-bestanden.



Modelinstrumentarium

I: SWAP met voorberwerking NAGROM/LGM

II: CLEAN met voorberwerking FARMMIN (waarvan QUADMOT onderdeel uitmaakt) en in combinatie met OPS/SRM voor N depositie

III: ANIMO in combinatie met QUADMOT met aansturingsschil GONAT

Figuur Schematische weergave van STONE met de belangrijkste datastromen en modellen

Bijlage 2 Bronnenanalyse uit- en afspoeling van N en P door MNP

Peter Cleij, Hans van Grinsven (MNP-LDL)

Inleiding

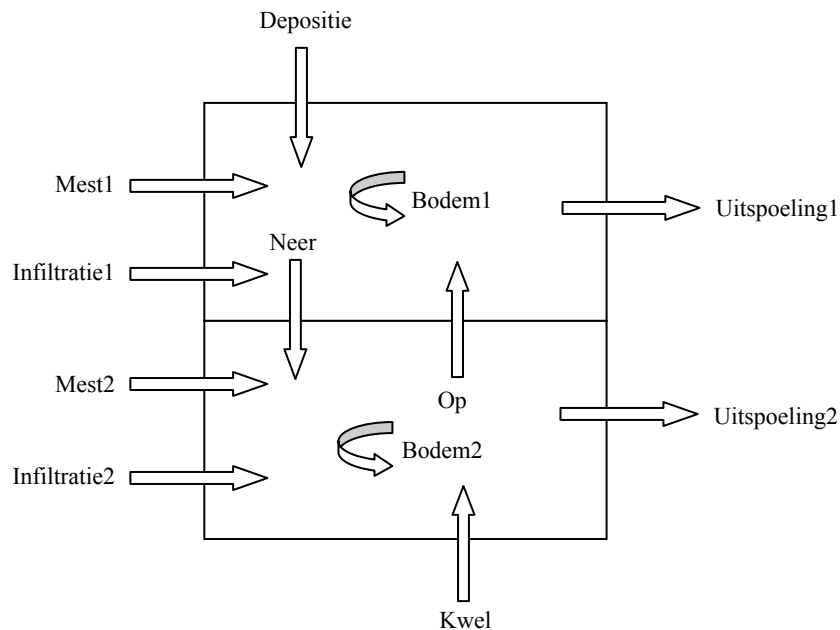
In het kader van de Quick Scan Kaderrichtlijn Water (MNP-rapport 500072001, februari 2006) is een analyse uitgevoerd van de N- en P-belasting van het Nederlandse oppervlaktewater, waarbij verschillende bronnen werden onderscheiden. Bij deze analyse is onderscheid gemaakt tussen de belasting van het oppervlaktewater als gevolg van uit- en afspoeling vanuit landbouw- en natuurgebieden, lozing van RWZI effluënten en overige lozingen. De belasting als gevolg van uit- en afspoeling is hierbij verder onderscheiden naar de bronnen depositie, landbouw, bodem, kwel en infiltratie. Voor dit laatste onderscheid, de bepaling van de bijdragen van de verschillende bronnen aan de uit- en afspoeling, is een methodiek ontwikkeld op basis van het 'bron-evenredigheidsprincipe', waarbij gebruik wordt gemaakt van STONE resultaten voor verschillende bodemprofielen. In deze notitie wordt het principe van de methode voor bronnenanalyse beschreven, samen met enkele resultaten, waaronder resultaten die voor de Quick Scan Kaderrichtlijn Water zijn gebruikt.

Principe van de methode

Het STONE model beschouwt een bodemprofiel van 13 meter, van waaruit uitspoeling van N en P naar het oppervlaktewater mogelijk is. Bij de methode voor bronnenanalyse wordt het bodemprofiel verdeeld in een aantal zones. Hierdoor kan de bijdragen fluxen aan de bovenrand (bemesting, depositie) en onderrand (kwel) beter geschat worden. Voor elke zone worden een aantal input en output fluxen en een 'interne' flux van N, resp. P gedefinieerd. Deze fluxen zijn weergegeven in Figuur 1 voor een situatie waarbij het STONE bodemprofiel van 13 meter in twee zones is ingedeeld:

- Depositie: Hoeveelheid N/P die via atmosferische depositie in de bodem terecht komt.
- Mest: Hoeveelheid N/P die via bemesting aan de zone wordt toegevoerd (N gecorrigeerd voor ammoniak verliezen bij toediening van de mest). Deze flux kan ook voor een niet aan het maaiveld grenzende zone ongelijk aan nul zijn (in geval van onderploegen mest).
- Infiltratie: Hoeveelheid N/P die aan de zone wordt toegevoerd via infiltratie van oppervlaktewater in de bodem.
- Kwel: Hoeveelheid N/P die via een opwaartse waterflux de onderrand van het STONE 13 meter profiel passeert.
- Bodem: Hoeveelheid N/P die door (netto) afbraak/mineralisatie vrijkomt uit de bodem (en in oplossing gaat). Wordt verondersteld gelijk te zijn aan de vermindering van de voorraad N/P in de zone gedurende het jaar (en is nul als de voorraad toeneemt).

- Neer: Hoeveelheid N/P die via een neerwaartse waterflux de grens tussen twee zones passeert.
- Op: Hoeveelheid N/P die via een opwaartse waterflux de grens tussen twee zones passeert.
- Uitspoeling: Hoeveelheid N/P die via uitspoeling (voor de bovenste zone: uit- en afspoeling) het oppervlaktewater bereikt.



Figuur 1 De fluxen van de methodiek van de STONE bronnenanalyse voor de situatie dat het 13 m bodemprofiel in twee zones is ingedeeld.

De methodiek gaat er verder vanuit dat de uitwisseling van N/P tussen de zones het hele jaar door een zelfde richting heeft, m.a.w. dat één van de fluxen *Neer* en *Op* altijd nul is. Als bronnen van de N/P-belasting van het oppervlaktewater worden beschouwd de fluxen *Depositie*, *Mest*, *Kwel*, *Infiltratie* en *Bodem*. Per zone wordt het ‘bron-evenredigheidsprincipe’ toegepast, dat inhoudt dat de bijdrage van een bron aan de uitspoelingflux evenredig is aan de grootte van de bronflux. Stel bijvoorbeeld dat de *Op* flux voor de bovenste zone van Figuur 1 gelijk aan nul is, dan wordt de bijdrage van de bron mest aan de uitspoelingflux van deze zone berekend als:

$$\text{Bijdrage mest aan Uitspoeling1} = \frac{\text{Mest1}}{\text{Depositie} + \text{Mest1} + \text{Infiltratie1} + \text{Bodem1}} * \text{Uitspoeling1}$$

Het bron-evenredigheidsprincipe wordt ook toegepast op de *Neer* flux tussen de twee zones:

$$\text{Bijdrage mest aan Neer} = \frac{\text{Mest1}}{\text{Depositie} + \text{Mest1} + \text{Infiltratie1} + \text{Bodem1}} * \text{Neer}$$

De bijdrage van de bron mest aan deze flux wordt dus op dezelfde wijze berekend als voor de uitspoelingsflux. Vervolgens wordt de bijdrage van de bron mest aan de uitspoelingsflux van de onderste zone berekend als:

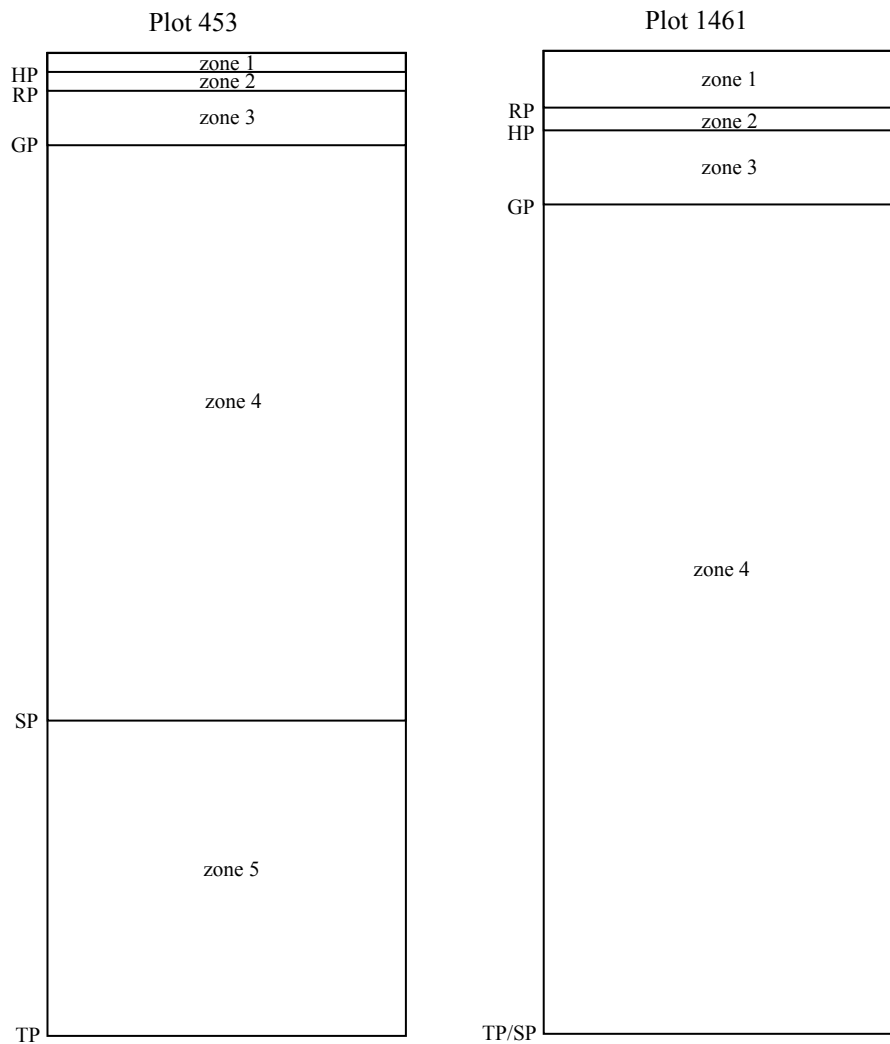
$$\text{Bijdrage mest aan Uitspoeling2} = \frac{\text{Mest2} + \text{Bijdrage mest aan Neer}}{\text{Neer} + \text{Mest2} + \text{Infiltratie2} + \text{Kwel} + \text{Bodem2}} * \text{Uitspoeling2}$$

Door nu de bijdragen van de bron mest aan de beide uitspoelingsfluxen op te tellen wordt de bijdrage van de bron mest aan de belasting van het oppervlaktewater verkregen.

Een zonering van het STONE 13 meter bodemprofiel (TP) wordt verkregen door de standaard STONE uitvoer (in de vorm van een jaarbalans voor N en P) voor alternatieve bodemprofielen te combineren. In de methodiek worden hiervoor de uitvoer van het wortelzone profiel (RP), GHG-profiel (HP), GLG-profiel (GP) en kwelvlak-profiel (SP) gebruikt. Deze bodemprofielen reiken nooit dieper dan 13 meter. In geval bijvoorbeeld het kwelvlak voor een plot lager dan 13 meter ligt, zal het SP profiel niet tot aan het werkelijke kwelvlak reiken, maar slechts tot 13 meter diepte. Dit maakt het dus mogelijk het TP profiel m.b.v. deze alternatieve profielen onder te verdelen in 4 of 5 zones, afhankelijk van het feit of het kwelvlak al dan niet beneden de 13 meter ligt. Merk op dat, doordat de wortelzone, GHG, GLG en het kwelvlak per plot zullen verschillen, per plot ook een andere indeling in zones wordt verkregen. Zie Figuur 9 voor twee voorbeelden van zone-indelingen van het STONE bodemprofiel.

De fluxen van Figuur 9 worden berekend uit de N- en P-jaarbalanstermen uit de STONE uitvoer voor de verschillende profielen.

- De *Bodem* fluxen worden hierbij berekend als som van de voorraadverandering in de betreffende zone van mineraal-N plus organisch-N, resp. mineraal-P plus organisch-P. Hiervoor worden de balanstermen uit de STONE uitvoer gebruikt die de voorraad van N en P in de bodem aan het begin en het eind van het jaar representeren. Indien een zo berekende flux negatief is, wordt deze op nul gesteld. M.a.w. de bodem wordt alleen als bron gezien als de bodemvoorraad afneemt in de betreffende zone.
- De fluxen voor *Uitspoeling* worden berekend uit de balanstermen voor uitspoeling. Voor zone 1 worden hier nog de balanstern voor afspoeling bij opgeteld.
- De *Op* en *Neer* fluxen worden berekend uit de balanstermen voor kwel en wegzijging. Beide fluxen worden in eerste instantie als netto fluxen berekend (*Op* = kwel - wegzijging); *Neer* = wegzijging - kwel). Vervolgens wordt een negatieve uitkomst omgezet in de waarde nul.
- Ook de *Kwel* flux wordt berekend in de vorm van een netto kwelflux waarbij negatieve waarden op nul worden gezet. Op deze wijze wordt een situatie verkregen waarbinnen het eerder beschreven algoritme voor bronnenanalyse kan worden toegepast, en waarin bij een bepaalde profieldiepte door het jaar heen of alleen sprake is van een opwaartse flux, of alleen van een neerwaartse flux.



Figuur 9 Twee voorbeelden van de indeling van het 13 meter STONE bodemprofiel (TP) in zones bij toepassing van de alternatieve profielen wortelzone (RP), GHG-profiel (HP), GLG-profiel (GP) en kwelvlak profiel (SP).

In feite wordt hier dus een metamodel van het STONE model gebruikt voor wat betreft kwel en wegzijging. Dit metamodel tracht de feitelijke situatie binnen STONE, met de mogelijkheid van afwisseling van kwel en wegzijging door het jaar heen, te benaderen met een situatie dat er of het hele jaar sprake is van kwel, of van wegzijging. Voor een indicatie van de kwaliteit van dit metamodel voor de verticale fluxen (de *Op* en *Neer* fluxen, plus *Kwel* en *Depositie*) is een maatlat gedefinieerd met waarden tussen 0 en 100%. De waarde 100 wordt bereikt als er volgens STONE geen sprake is van afwisseling van kwel en wegzijging door het jaar heen op de verschillende profieldieptes. Indien kwel en wegzijging elkaar over het hele jaar op alle profieldieptes in evenwicht houden, levert de maatlat de waarde 0 op.

Resultaten

In Tabel 1 zijn enkele resultaten van de bronnenanalyse voor het totale Nederlandse areaal aan landbouw- en/of natuurgebieden weergegeven. Het betreft hier gemiddelden voor de periode 1998 - 2012 (2005 \pm 7) volgens het EMB2005 basisscenario, zoals gebruikt bij de verkenning van het nieuwe mestbeleid (MNP-rapport 500031003, 2005).

Tabel 1: De bijdragen (%) van de verschillende bronnen aan de uit- en afspoeling van P en N in het landelijke gebied (situatie 2005), berekend met de MNP-methodiek voor bronnenanalyse.

P/ N	Landbouw/natuur	Bijdrage mest	Bijdrage depositie	Bijdrage bodem	Bijdrage kwel	Bijdrage infiltratie	Bijdrage onbekend	Metamodel kwaliteit
P	Landbouw & natuur	53.78	0.00	14.83	30.56	0.41	0.42	83.61
P	Landbouw	59.05	0.00	14.11	26.40	0.41	0.03	83.22
P	Natuur	0.00	0.00	22.19	73.03	0.43	4.36	87.60
N	Landbouw & natuur	35.36	6.38	44.15	13.09	1.02	0.00	77.81
N	Landbouw	41.71	3.57	41.69	12.01	1.01	0.00	78.08
N	Natuur	0.00	22.07	57.81	19.07	1.05	0.00	76.30

De cijfers voor de combinatie P en Landbouw zijn gebruikt voor het onderdeel *Nederland* in Figuur 3.2 in het Quick Scan rapport. Voor de overige onderdelen van Figuur 3.2 en voor de Figuren 3.4 en de B2.1 zijn resultaten van de bronnenanalyse op het niveau van een Kaderrichtlijn Water deelstroomgebied gebruikt.