

RIVM rapport 718501001/2002

Plausibiliteitsdocument STONE 2.0

Globale verkenning van de plausibiliteit van het
model STONE versie 2.0 voor de modellering van
uit- en afspoeling van N en P

G.B.J. Overbeek (red.)
A.H.W. Beusen
P.C.M. Boers
G.J. van den Born
P. Groenendijk
J.J.M. van Grinsven
T. Kroon
H.G. van der Meer
H.P. Oosterom
P.J.T.M. van Puijenbroek
J. Roelsma
C.W.J. Roest
R. Rötter
A. Tiktak
S. van Tol



ALTERRA, PLANT RESEARCH INTERNATIONAL

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

Abstract

The STONE model for N and P emission to groundwater and surface waters has been developed to evaluate the environmental benefits of eutrophication abatement plans. Due to possible severe socio-economic consequences of these abatement plans, it is of importance that the model is well documented, calibrated and tested. This report describes the first phase of the STONE test. STONE results were compared with previously published results and with monitoring data. About 13,000 recent point source observations of nitrate in the upper groundwater were available, along with several hundred of observations showing N and P in local surface water systems. During this phase of the STONE test, the observations were lumped to statistical summaries, such as frequency distributions, means, etc. It was concluded that the STONE results compared quite well with these observed values. These results, however, present only limited information about underlying processes, spatial patterns and temporal dynamics. These issues will be addressed during the second phase of the STONE test. Results from the second phase of the STONE test will be reported in 2002.

Inhoud

Samenvatting.....	7
1 Inleiding	11
2 Schematisatie	13
2.1 Grasarealen.....	13
2.2 Relevantie van aanpassing grasareaal.....	14
3 Mestverdeling	17
3.1 Van Beleid tot Agrarisch Gedrag (BAG).....	17
3.2 Modelopzet.....	17
3.3 Plausibiliteit.....	18
4 Initialisatie GONAT/ANIMO	23
4.1 Initiële Fosfaattoestand.....	24
5 Gewasopnamemodule QUADMOD.....	25
5.1 Verschil gewasafvoer CLEAN en QUADMOD.....	26
6 Hydrologie	29
6.1 Neerslagoverschotten.....	29
6.2 Grondwatertrappen.....	31
6.3 Effect van de berekende Gt-verdeling.....	33
6.4 Afvoer naar het oppervlaktewater.....	35
7 Nitraat bovenste grondwater	39
7.1 Vergelijking met meetnetgegevens	39
7.2 Gevolgen nitraatconcentraties	42
8 Afspoeling N en P naar het oppervlaktewater.....	45
8.1 Vergelijking WSV.....	45
8.2 Vergelijking met meetgegevens CIW.....	48
8.2.1 Meetresultaten CIW.....	48
8.2.2 STONE resultaten.....	48
8.2.3 Procedure.....	48
8.2.4 Resultaten	49
8.3 Vergelijking waterkwaliteitsgegevens deelgebieden	50
9 Nutriënten balansen.....	53
10 Discussie en Conclusies.....	59
Literatuur.....	65
Bijlage 1 CLEAN versus CBS.....	67
Bijlage 2 Initialisatiefiguren	68
Bijlage 3 Verzendlijst	70

Samenvatting

De nadruk in de hier gerapporteerde plausibiliteitsstudie ligt op vaststelling van de geloofwaardigheid, het realiteitsgehalte van getalswaarden en ruimtelijke verdeling van data in STONE, te weten:

- Gebruikte invoer
 - Arealen per bodem-gewascombinatie;
 - Waterbalansen: met name neerslagoverschotten en verdamping;
 - Gt-verdelingen;
 - Bodembelasting met dierlijke mest en kunstmest;
- Tussenresultaten
 - Gewasafvoer in termen van N en P;
 - Nutriëntenbalansen: met name ophoping en uitputting van organische pools en denitrificatie;
- Eindresultaten
 - Uitspoeling van nitraat naar het bovenste grondwater;
 - Belasting van het oppervlaktewater met N en P.

STONE is primair ontwikkeld voor de verkenning van milieu-effecten van bemesting voor het landelijke schaalniveau en daarvan afgeleide schaalniveaus (LEI-gebieden (N=31) en provincies (N=12)). De huidige opzet van STONE is gericht op berekening van langjarige of gestandaardiseerde trends (bijvoorbeeld voor een referentie weerjaar, of een lopend gemiddelde).

CONCLUSIES

- 1) De conclusies ten aanzien van plausibiliteit van STONE 2.0 in deze studie hebben in eerste instantie betrekking op de plausibiliteit van STONE 2.0 *ten opzichte van* STONE 1.3; de versie die ingezet is voor de 5e Milieuverkenning ter evaluatie (verkenning) van de effecten van het nieuwe mestbeleid (IAM) voor de periode 2000-2030.
 - a) De schematisatie is beter: door gebruik van een fijnere plotindeling (GONAT) is er minder informatieverlies bij de omwerking naar invoergegevens voor STONE 2.0. Bovendien is een deel van de basisgegevens geactualiseerd ten opzichte van STONE 1.3.
 - b) Er is een betere overeenstemming tussen bodem-gewasarealen per LEI-gebied met STONE 2.0 dan met STONE 1.3.
 - c) De berekende neerslagoverschotten wijken minder af van waarden zoals bepaald in de HELP-studie.
 - d) Er zijn nu betere, zij het globale, noties ten aanzien de plausibiliteit van waterbalansen: verdamping voor grasland (Hupsel) is plausibel, echter, voor akkerbouw (Rottegatpolder) te laag.
 - e) De berekende toename van het areaal droge Gt ten opzichte van de verouderde Gt-kaart stemt goed overeen met de Landelijke Steekproef. In tegenstelling tot

- STONE 1.3 verdwijnen kleine, met name natte Gt arealen niet meer door een te grove plotschematisatie.
- f) CLEAN-tussenresultaten ten aanzien van historische kunstmest en dierlijke mestgiften en verdeling per LEI gebied zijn vergeleken met MAM-berekeningen en CBS-data. Op landelijke schaal is de overeenkomst tussen 1986 en 2000 redelijk. Verschillen betreffen vooral dierlijke mest en worden veroorzaakt door het geringe aantal ingevoerde steekjaren en de CLEAN-aanname dat in 1997 volgens de norm wordt bemest. Hierdoor is de N-gift uit dierlijke mest in CLEAN 20% lager dan in MAM. Op de schaal van LEI regio zijn er meer systematische verschillen voor met name de overschotgebieden.
 - g) De stikstofafvoer door grasland in STONE 1.3 was groter dan 450 kg/ha en daarmee 75 kg/ha hoger dan referentiewaarden. In STONE 2.0 is de gemiddelde afvoer 390 kg/ha en dus meer realistisch.
 - h) In STONE 1.3 was er grote onzekerheid over de sterke nalevering van ongeveer 50 kg/ha/a van stikstof uit de organische bodemvoorraad, welke een relevante invloed had op de berekende uitspoeling en de respons op het mestbeleid. In STONE 2.0 is de netto nalevering omgeslagen naar een netto vastlegging van ongeveer 50 kg/ha/a, sterk gedomineerd door bodemgebruik grasland. Onze indruk is echter dat de sterke vastlegging onder grasland in de orde van 100 kg/ha/a een overschatting is.
 - i) De met STONE 1.3 berekende afspoelingsconcentraties van N en P waren 25% lager dan oppervlaktewaterconcentraties gemeten in enkele deelgebied studies en dan schattingen uit de WSV-studie. Vooraf werd verwacht dat STONE 30-50% hogere concentraties berekent, in verband met het niet beschouwen van N-en P-retentie in water en waterbodem. STONE 2.0 resultaten zijn voor het eerst, zij het indicatief, vergeleken met gegevens uit de landelijke enquête van de Commissie Integraal Waterbeheer (CIW) en liggen gemiddeld 60% hoger dan deze metingen. Dit resultaat is bemoedigend. Echter de vergelijking van STONE 2.0 met de deelgebiedresultaten liet een factor 2-3 overschatting zien. Door verder onderzoek naar (a) de vergelijkbaarheid van afspoelingsconcentraties met oppervlaktewaterconcentraties en (b) de representativiteit van een aantal deelgebiedstudies kan inzicht in de plausibiliteit van de afspoelingsresultaten verder vergroot worden.
- 2) De plausibiliteit van STONE 2.0 kan in meer absolute zin beoordeeld worden door vergelijking van modelresultaten met resultaten van monitoring van bemesting en milieukwaliteit in de periode 1986-2000, en met eerder landsdekkende modelstudies zoals de Waterysteeamverkenningen. Na vaststelling van goede overeenkomst kan het gebruik van STONE als diagnosemodel voor het reproduceren en interpoleren van waarnemingen beoordeeld worden.
 - a) Landelijk gemiddelde uitspraken gebaseerd op STONE 2.0 (landsdekkend of specifieke uitsnedes van bodemgebruik, bodemtype en grondwatertrap) over trends in de nitraatconcentraties in grondwater of het areaal met grondwaterconcentraties boven nitraatdoelstelling van 50 mg/l, komen beter overeen met het mestmeetnet dan STONE 1.3, doordat in STONE 2.0 kleine arealen van specifieke combinaties van bodemtype, bodemgebruik en grondwatertrap niet weggeschematiseerd worden; dit geldt met name voor natte grondwatertrappen. Voorwaarde voor een goede overeenkomst tussen

- nitraatconcentraties uit STONE 2.0 en het mestmeetnet, is beschouwing van alleen modelresultaten voor droge zandgronden (d.w.z. met een GHG dieper dan 40 cm beneden maaiveld), in overeenstemming met de meetlocatiekeuze in het mestmeetnet (Gt IV, VI en VII). Dit in tegenstelling tot STONE 1.3 waar een goede overeenkomst tussen mestmeetnet en berekende nitraatconcentraties voor het totale areaal landbouw op zand. Ook komen nitraatuitspoelingsresultaten uit STONE 2.0 beter overeen met recente resultaten van landsdekkende toepassingen van de modellen NLOAD en NVERLIES, dan die uit STONE 1.3.
- b) Landelijk gemiddelde uitspraken (landsdekkend of specifieke uitsnedes van bodemgebruik, bodemtype en grondwatertrap) over trends en niveaus van N-belasting van oppervlaktewater gebaseerd op STONE 2.0 komen beter overeen met resultaten uit 1996 van de Watersysteemverkenningen dan die gebaseerd op STONE 1.3; de overeenkomst voor P-belasting is vergelijkbaar. De extra toets aan de CIW data is slechts een eerste aanzet tot toetsing op landelijk schaalniveau, maar draagt toch belangrijk bij aan de betere beoordeling van plausibiliteit. De vergelijkbaarheid van met STONE berekende N- en P-concentraties in oppervlaktewater en de puntwaarnemingen in CIW is discutabel ondermeer in verband met mogelijk bovenstroomse beïnvloeding. Er is nog geen afdoende verklaring voor de aanzienlijke overschatting in STONE 2.0 van oppervlaktewaterconcentraties in een aantal deelgebieden.
- 3) Deze studie levert beperkte inzichten ten aanzien van de plausibiliteit van STONE 2.0 als instrument voor prognose. De potentie van gebruik van STONE 2.0 als prognose instrument of ten behoeve van scenarioverkenningen is groot. Het voorbereiden, uitvoeren en nabewerken van STONE 2.0 toepassingen kan nu door de recente ervaringen snel en efficiënt uitgevoerd worden. Echter iedere specifieke toepassing zal zowel wat betreft haalbaarheid, specifieke toepassingsprocedure en beoordeling en interpretatie van resultaten bij voorkeur breed teruggekoppeld moeten worden met materiedeskundigen en deelmodule-ontwikkelaars.

Beoordeling van plausibiliteit op het sub-landelijk schaalniveau is met name onderwerp van een op deze aansluitende vervolgstudie in het kader van STONE-deelproject '*Toetsing van STONE aan meetgegevens*'.

1 Inleiding

Scenario studies voor het evalueren van gangbare beleidsopties voor bodemgebruik en nutriëntenbeheer op landelijke schaal vereisen een modelmatige aanpak. Metingen zijn schaars en kostbaar en hebben geen voorspellend karakter. Alleen door het zorgvuldig extraheren van kennis uit deze gegevens en het formaliseren en integreren van kennis (over deelsystemen) en gegevens in de vorm van modellen wordt een duidelijke meerwaarde aan meetprogramma's toegevoegd. Met behulp van dergelijke integrale modellen wordt het mogelijk effecten van diverse aanpassingen in de landbouwpraktijk op toekomstig landgebruik en nutriëntenstromen (reproduceerbaar) te bepalen. STONE is ontwikkeld om landsdekkend voor Nederland de effecten van mestbeleid op de emissies van stikstof en fosfaat uit de landbouw naar grond- en oppervlaktewater te verkennen.

In 2000 is STONE 1.3 toegepast voor de Milieuverkenningen 5. Sterke en zwakke punten van deze toepassing en nodige verbeteringen van het rekeninstrumentarium zijn in Overbeek et al. (2001) gerapporteerd. Dit heeft geleid tot identificatie van noodzakelijke (substantiële) aanpassingen. Daarnaast is in 2001 STONE verbeterd met een nieuwe ruimtelijke schematisatie (Kroon et al., 2001) en een nieuwe gewasopnamemodule (QUADMOD) (Ten Berge et al., 2000).

De Commissie Spiertz heeft onlangs aanbevolen om modellen die worden gebruikt ten behoeve van de evaluatie van het mestbeleid (in 2002) degelijk te calibreren, te toetsen, te documenteren en te onderwerpen aan een externe review. De herkomst van gegevens en de gevolgde procedures moeten helder zijn. De modeluitkomsten moeten aan een kritische beoordeling worden onderworpen waarbij de toetsing aan meetgegevens een belangrijke rol speelt.

Dit document beschrijft de plausibiliteitstoets die is uitgevoerd op de invoer en resultaten van STONE 2.0. Een plausibiliteitstoets is een globale toets op de geloofwaardigheid van de STONE 2.0 modeluitkomsten.

Dit plausibiliteitsdocument heeft drie doelen:

- Te rapporteren op welke manier STONE-modelaanpassingen zijn gerealiseerd.
- Het aangeven van de plausibiliteitscriteria en eventuele vervolgstappen (bijvoorbeeld mogelijke verbeteringen of verdere toetsing van STONE).
- Te beschrijven in hoeverre tekortkomingen in STONE 1.3 zijn verbeterd in STONE 2.0.

Tijdens de toets zijn STONE resultaten vergeleken met geaggregeerde waarnemingen (frequentiediagrammen, jaarsommen, etc.). Hierdoor is op een snelle manier inzicht gekregen in de resultaten. Er is gekeken of de getallen logisch zijn, of de modelresultaten logisch reageren op veranderingen in de modelinvoer en of de verschillen tussen modeluitvoer en vergelijkingsmateriaal te verklaren zijn. Daarnaast omvat een plausibiliteitstoets een screening op de aanwezigheid van de benodigde documentatie en het technisch juist functioneren van het instrumentarium. Deze laatste twee zijn slechts gedeeltelijk uitgevoerd. De hier gerapporteerde toets geeft dus geen compleet inzicht in de deugdelijkheid van de STONE 2.0 modeluitkomsten voor

verkennende (mest-, milieu) beleidsstudies op landelijke schaal. Na afronding van de plausibiliteitstoets wordt begonnen aan de uitgebreidere STONE-toets, waarbij dieper wordt ingegaan op onderliggende processen, ruimtelijke patronen en temporele dynamiek (seizoensvariatie).

Dit document beschrijft in principe de STONE-keten van begin tot eind. Na de hoofdstukken over onderliggende schematisering, modelinvoer en modelaanpassingen zullen modelresultaten worden bekeken. Op deze manier kan de hele keten beoordeeld worden op zijn plausibiliteit.

Het plausibiliteitsdocument is in eerste instantie geadresseerd aan de leden van het STONE-projectteam, de advies- en stuurgroep. Het zal na verdere discussie moeten leiden tot een statusrapport STONE 2.0 (bij oplevering), welke ook aan potentiële gebruikers kan worden verspreid.

2 Schematisatie

In STONE 2.0 is de plotindeling voor GONAT/ANIMO gewijzigd. Ten opzichte van STONE 1.3 is het aantal plots bijna verdubbeld. Op dit moment zijn er 6405 plots met een unieke hydrologie, landgebruik en bodemsoort. Dit betekent meer ruimtelijke differentiatie en zuiverheid in weergave van diverse hydrologische en bodemchemische factoren ten opzichte van STONE 1.3. Ook voor de indirecte invoer van STONE is een aantal bestanden sterk verbeterd. Voor een omschrijving van het ontstaan van de nieuwe schematisatie en de randvoorwaarden die daar bij zijn gebruikt wordt verwezen naar Kroon et al. (2001).

Voor de modeluitspraken zijn ten opzichte van STONE 1.3 een aantal zaken zichtbaar verbeterd. De verschillen tussen oppervlakte gewogen en plotgemiddelde resultaten bleken in STONE 1.3 voor problemen te zorgen. Ook de koppeling van de hydrologie aan de STONE plots bleek in STONE 1.3 ernstige gevolgen te hebben. Er werden zo'n 430.000 ha. van de natte gronden 'weggeschematiseerd' (Overbeek et al., 2001). In STONE 2.0 zijn dergelijke problemen opgelost door de verfijning van de schematisatie en het beter afstemmen van de hydrologie op de STONE-plots.

2.1 Grasarealen

Het is gebleken dat het areaal landbouwgronden in CLEAN en in de nieuwe STONE 2.0 schematisatie ten behoeve van GONAT niet overeenkwam. Dit was ook het geval in STONE 1.3. In 1997 was er een verschil van 350.000 hectare grasland (Tabel 2-1). De CLEAN gegevens zijn gebaseerd op gegevens uit de landbouwtellingen, de nieuwe STONE schematisatie is gebaseerd op LGN3 gegevens. Het areaal landbouwgronden varieert in CLEAN door de jaren heen, in tegenstelling tot de vaste schematisatie van GONAT/ANIMO in STONE 2.0.

De conversie van de bemesting van CLEAN naar GONAT/ANIMO gebeurt op basis van giften per ha (kg/ha per jaar). Door het areaalverschil zouden in GONAT/ANIMO evenredig grotere hoeveelheden nitraat en fosfaat gecreëerd worden dan er in werkelijkheid worden gebruikt. Het is hierom van belang dat de gebruikte schematisaties binnen de onderdelen van STONE overeenkomen.

Tabel 2-1 Oppervlaktes en verschillen in oppervlaktes in ha voor CLEAN 1997 (LEI-gegevens) en de STONE2.0 plots (LGN3 gegevens) uitgesplitst naar landgebruik, vóór het gebruik van de beschreven methode.

	gras	maïs	bouwland
CLEAN 1997	1030593	231986	671619
STONE2.0 plots	1388269	221419	746350
Vershil (STONE2.0-CLEAN97)	357676	-10568	74731

Het areaalverschil kan verklaard worden door de niet getelde landbouwgronden (ca. 150.000 ha) en grasarealen met een (niet-landbouwkundige) functie (sportvelden, vliegvelden, wegbermen, parken, enz.). In het algemeen is wel een orde van grootte bekend van de verschillen tussen de Landbouwtelling en LGN3, de locatie van de niet in de Landbouwtelling meegenomen arealen is echter niet bekend.

Er is een methode uitgewerkt, die ervoor zorgt dat dit areaalverschil in 1997 tot een aanvaardbaar niveau wordt gereduceerd, volgens het creëren van onbemeste graslandplots (Beusen en Overbeek, 2001). De onbemeste graslandplots worden in de aangepaste GONAT/ANIMO schematisatie geënclassificeerd als natuur (STONE plots bestaan uit meerdere gegroepeerde gridcellen, en kunnen dus alleen in hun geheel geconverteerd worden).

In Tabel 2-2 is per grondsoort het effect aangegeven van de omzetting van in totaal 576 plots van gras naar natuur. Het blijkt dat de veengronden in de GONAT/ANIMO schematisatie onderschat worden ten opzichte van de CLEAN-gegevens. Daarom zijn er geen gras-op-veen plots omgezet naar natuur.

De ruimtelijk gedifferentieerde informatie van LGN3 is door de methode aangetast. Dit is een nadeel van de methode. Er is geen controle uitgevoerd om te verifiëren of de plots die nu omgezet zijn van gras naar natuur ook daadwerkelijk de onbemeste plots zijn.

In STONE krijgt natuur geen bemesting (alleen atmosferische depositie) en alle plots die via de grasconversiemethode worden omgezet in natuur krijgen dus geen bemesting. Het is waarschijnlijk dat de niet-getelde landbouwgronden uit licht tot matig bemest grasland bestaan.

Tabel 2-2 Verschil in oppervlakte voor bodemgebruik Gras (ha.) tussen STONE 2.0 plots (LGN3) en CLEAN1997 (Landbouwtelling) vóór en ná de omzetting van grasplots

grondsoort	Voor	na
Veengrond	-47360	-47360
Zandgrond	165050	238
Zeeklei	102528	1084
Rivierklei	53186	48
Oude klei	2701	-11
Leemgrond	6077	-229
Dalgrond	75493	-26
Totaal	357676	-46256

Voor een omschrijving van de gevolgde procedures van de grasconversie wordt verwezen naar Beusen en Overbeek (2001).

2.2 Relevantie van aanpassing grasareaal

Met STONE zijn berekeningen uitgevoerd met de LGN3-schematisatie en de veronderstelling dat het totale grasareaal als landbouw in gebruik is en met de aangepaste schematisatie waarbij 350.000 ha grasland is ingedeeld als natuur. Op deze manier is het effect van de nieuwe indeling op beleidsrelevante uitspraken verkend.

Na de omzetting van gras naar natuur komen de bemestingsgegevens zowel per hectare als totaal op landelijk niveau goed overeen met die uit de Landbouwtelling (Tabel 2-3). Dit geldt ook voor de LEI-gebieden. Dus voor uitspraken over de bodembelasting in een bepaald intrekgebied (de totale bemesting en dus ook totale belasting van het grond -en het oppervlaktewater in kg) is er door de methode een betere overeenstemming bereikt met de bemestinggegevens van de landbouwtelling. Voor grasland wordt er in 1997 nationaal niet meer 407 miljoen kg N (kunstmest en

dierlijke mest) extra geplaatst ten opzichte van de landbouwtellingen (Tabel 2-3 , Beusen en Overbeek, 2001).

Tabel 2-3 Verschillen in bemesting (totaal Nederland) uitgesplitst naar grondsoorten en gewassoorten tussen CLEAN en GONAT/ANIMO, na het omzetten van grasplots. Voor het jaar 1997 blijkt dat na manipulatie van de grasarealen de naar GONAT doorgegeven bemesting goed overeenkomst met de CLEAN-uitvoer.

		1997	1997	1997
		CLEAN	GONAT vóór omzetting	GONAT ná omzetting
N Mkg	Dalgrond	31	72	20
	Leemgrond	12	18	12
	Rivierklei	87	94	77
	Veengrond	122	143	125
	Zandgrond	339	509	333
	Zeeklei	208	375	214
	Oude klei	12	9	11
	Totaal	812	1219	792
N kg/ha	Dalgrond	313	504	291
	Leemgrond	396	479	398
	Rivierklei	479	575	441
	Veengrond	526	491	462
	Zandgrond	455	582	435
	Zeeklei	352	450	345
	Oude klei	388	613	510
	Totaal	425	517	405
N Mkg	Gras	580	921	537
	Mais	65	94	64
	Overig	167	205	190
	Totaal	812	1219	792
N kg/ha	Gras	562	663	546
	Mais	295	423	291
	Overig	253	274	255
	Totaal	425	517	405

Uitspraken over nitraatconcentraties in het bovenste grondwater worden vaak gedaan op basis van percentages van het *landbouwareaal* waar de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater hoger is dan 50 mg/l. In dit geval maakt het niets uit dat de 350.000 ha grasplots worden omgezet naar natuur. Dit geldt op nationaal niveau en op niveau van de LEI-gebieden. Zouden de omgezette graslandgronden in analyses nog altijd behandeld worden als landbouwgronden dan zou de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater kunstmatig lager worden omdat er meer landbouwgronden zouden zijn bijgekomen met een lagere nitraatuitspoeling (omdat deze gronden in het model immers geen mest meer krijgen).

3 Mestverdeling

Gedurende de uitvoering van de plausibiliteitstoets bestond bij velen een informatie-tekort over het genereren van de mestverdeling. Hierom beoogt dit hoofdstuk informatie te geven over het traject dat wordt doorlopen om de jaarlijkse aanvoer van mineralen naar de bodem en de NH₃ emissie uit de landbouw te berekenen. Dit traject kent een aantal fasen, waarvan de eerste drie worden aangeduid als de Pre-CLEAN fase:

- 2) van beleid tot agrarisch gedrag (BAG)
- 3) de AGRIS-CLEAN database; database met opslag van basisgegevens
- 4) de CLEAN-inputgenerator; creëert een CLEAN invoerbestand
- 5) CLEAN model

Voor verdere informatie over het CLEAN-model wordt verwezen naar Van Tol en Van den Born (2001-1); Willems (1999); Mooren en Hoogervorst (1993) en Blom et al., (1999).

3.1 Van Beleid tot Agrarisch Gedrag (BAG)

In deze fase worden de verschillende scenario's met behulp van spreadsheets nader uitgewerkt. Zo is bij de berekeningen voor de MV5 uitgegaan van het reguleren van de mestproductie door middel van mestafzetcontracten. Met behulp van spreadsheets is via een handmatig iteratief proces het aantal dieren en de mestproductie in overeenstemming gebracht met de verwachte omvang van de mestafzetcontracten. In een andere set spreadsheets worden vraag en aanbod van ruwvoer afgestemd, rekening houdend met de arealen grasland en voedergewassen, het gebruik van andere voedermiddelen en de voederbehoefte in afhankelijkheid van omvang en productie van de graasveestapel. Uit deze berekeningen volgt ook de excretie van rundvee. De wijze waarop de excretie wordt berekend voor de andere diersoorten is sterk afhankelijk van de diersoort. Arealen, gebruiksnormen en correctiefactoren zijn in aparte bestanden opgenomen. De resultaten van deze analyse zijn de basisgetallen voor CLEAN-invoerfile .

3.2 Modelopzet

Het CLEAN 2 model (Crops, Livestocks and Emissions from Agriculture in the Netherlands) berekent de jaarlijkse aanvoer van mineralen (N, P en K) naar de bodem en NH₃-emissie uit de landbouw. De huidige CLEAN-versie kan zowel rekenen op regio-niveau (de 31 LEI-regio's in Nederland) als voor de ruim 530 gemeenten. In STONE 2.0 zit momenteel nog geen CLEAN2-gemeenterversie, er wordt alleen gerekend op LEI-regio niveau. Er worden 6 gewasgroepen, 7 bodemsoorten en droge en natte gronden onderscheiden. De mestproductie wordt berekend uit het aantal dieren (42 categorieën) en excretie-cijfers per dier (6 bestanddelen). De regionale mestverdeling wordt gestuurd door mestgebruiksnormen en minimalisering van transportkosten. Het model biedt ook de mogelijkheid om recente beleidsvoornemens,

die betrekking hebben op N-emissie, door te rekenen (N-forfaitair voor het stelsel van mestafzetcontracten en N-MINAS). De NH₃-emissie wordt berekend als fractie van de N-inhoud in mest, afhankelijk van staltype, opslagomstandigheden en wijze van uitrijden. Voor historische jaren zijn invoergegevens beschikbaar van het CBS en deels van het LEI. Het model wordt vooral gebruikt voor scenariostudies.

In dit verslag wordt over het algemeen gebruik gemaakt van een CLEAN scenario waarin het IN-beleid is vastgelegd. Dit vastgestelde beleid is vastgelegd in de Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid (IN). Een belangrijk onderdeel van dit beleid is het Mineralenaangiftesysteem (MINAS) dat in 1998 voor alle intensieve veehouderijbedrijven verplicht is gesteld en vanaf 2001 voor alle bedrijven. Aangifteplichtige bedrijven betalen een heffing wanneer hun mineralenoverschot (het verschil tussen de aan- en afgevoerde hoeveelheid stikstof of fosfaat) per hectare een heffingsvrije drempel (de verliesnorm) overschrijdt. Het gebruik van fosfaatkunstmest telt voorlopig niet mee bij de vaststelling van het fosfaatverlies. De verliesnormen voor fosfaat en stikstof worden tot 2008 geleidelijk aangescherpt. Naast de IN is bij het vastgestelde beleid ook het aanvullende N-beleid meegenomen. Het aanvullende stikstofbeleid is een aanscherping en aanvulling van het stikstofbeleid uit de IN.

3.3 Plausibiliteit

Validatie van CLEAN-output per mestregio tegen empirische gegevens is vrijwel onmogelijk omdat:

- gegevens niet door metingen kunnen worden vastgesteld (in tegenstelling tot NH₃-emissies);
- verzamelde gegevens onvoldoende representatief zijn voor de berekening van regionale gemiddelden (bij het gebruik van dierlijke mest); of
- beschikbare gegevens reeds gebruikt worden bij de vaststelling van modelinvoer (bij kunstmestgebruik en mesttransport tussen regio's).

Bovendien concludeerde de Werkgroep Mestverdeling (Blom et al., 1999) dat de plausibiliteit van CLEAN niet eenvoudig is vast te stellen, omdat:

- er weinig kennis is over het gedrag van boeren met betrekking tot bemesting op bedrijfsniveau;
- de bodembelasting op een zo laag mogelijk aggregatieniveau berekend of geschat moet worden, omdat de relatie tussen bodembelasting en uitspoeling over het relevante traject exponentieel is (en middelen per bedrijf of regio in principe alleen zou mogen als die relatie lineair zou zijn);
- bij beweiding van grasland in principe op een nog lager aggregatieniveau gerekend moet worden (oppervlakte met en zonder urine). CLEAN rekent op niveau van een mestregio of eventueel van een gemeente en voldoet dus niet aan bovengenoemde eisen. De Mest- en Ammoniakmodellen (MAM) van LEI berekenen weliswaar de mestproductie op bedrijfsniveau, maar zijn ook niet goed in staat om op basis van verliesnormen en andere randvoorwaarden de bodembelasting op perceelsniveau te bepalen.

Resultaten van CLEAN zijn in afzonderlijke studies vergeleken met resultaten van de modellen MAM (Luesink en Van der Veen, 1989) en MEST-WSV (Ruijgh, 1999). Bij gelijke invoer kan CLEAN de regionale bodembelasting met N en P uit dierlijke mest van MEST-WSV goed reproduceren. Vergeleken met MAM wordt de regionale bodembelasting met P in CLEAN goed berekend, maar de bodembelasting met N wijkt soms af. Deze verschillen vloeien voort uit afwijkende ruimtelijke resolutie die leidt tot verschillende rekenregels. MAM rekent namelijk per individueel landbouwbedrijf en aggregereert de uitkomsten tot waarden per gemeente en mestregio terwijl CLEAN alle berekeningen per mestregio uitvoert. Het neerschalen van CLEAN tot gemeenten zal de verschillen met MAM verkleinen maar vermoedelijk niet wegnemen. Beide modellen hanteren rekenregels over a) de verdeling van mest over gewassen en b) de acceptatie van mest door akkerbouwers, die onvoldoende getoetst zijn aan de praktijk (Blom et al., 1999).

In Hoofdstuk 2 is beschreven dat door aanpassingen van het GONAT-grasareaal de bemesting tussen CLEAN en GONAT qua totale hoeveelheid mest net als de hoeveelheid mest per hectare goed overeenkomt. Om te controleren of de giften per hectare tussen CLEAN en GONAT inderdaad overeenkomen zijn een aantal trends bekeken. Trends in bemesting berekend door CLEAN en omgezet naar GONAT in STONE 2.0 zijn voor het IN-scenario gegeven in Figuur 3-1 en Figuur 3-2. De trends komen vrijwel geheel overeen, op basis hiervan kan gesteld worden dat voor alle gewassoorten op landelijke schaal de mestgift per hectare in de STONE-keten goed wordt doorgegeven.

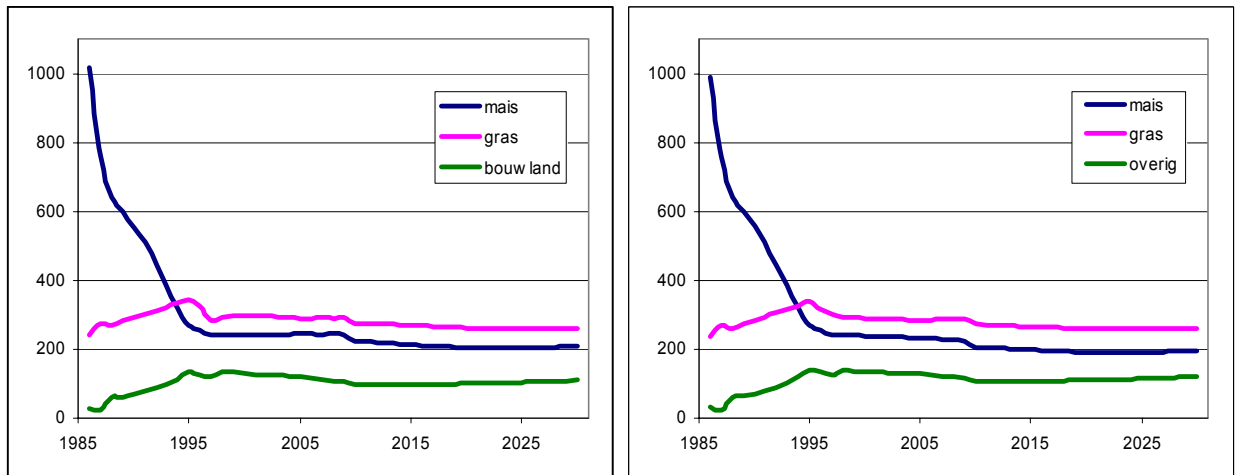
In Figuur 3-3 is een vergelijking gegeven van de totale giften dierlijke mest en kunstmest, die bovendien vergeleken zijn met resultaten van het MAM-model (zie ook Tabel 2-3).

Verder zijn CLEAN en MAM data vergeleken met statistische gegevens van het CBS in Tabel 3-1 en Figuur 3-4.

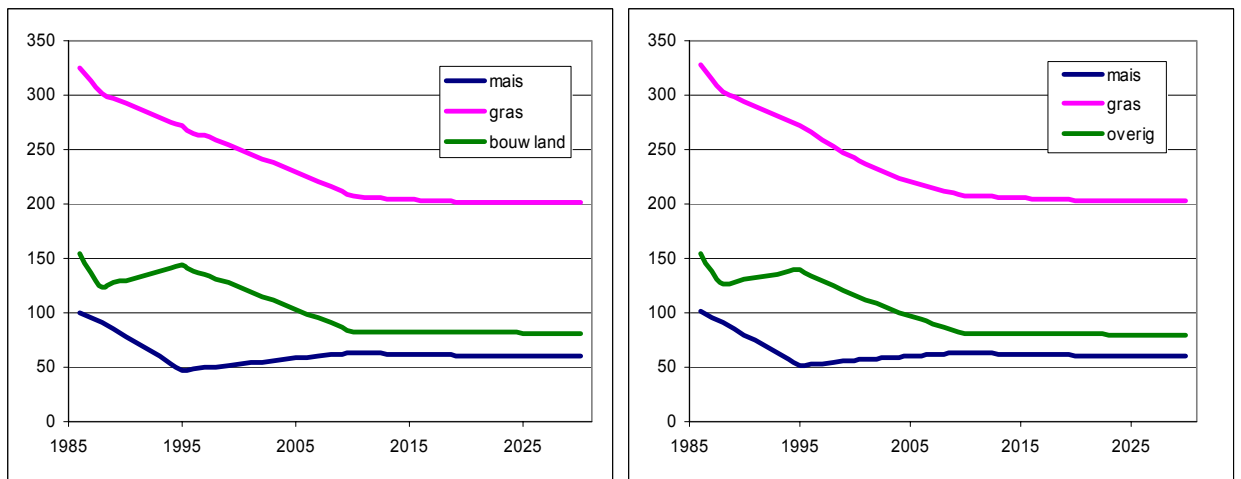
Door het CBS is geconstateerd dat er in de mestoverschotgebieden boven de norm is bemest in 1997 (Figuur 3-4 en Bijlage 1). Hierdoor zijn de gegevens van de CBS-statistieken hoger (zo'n 20%) dan de resultaten van CLEAN in 1997. De reden hiervoor is dat bij de berekening met CLEAN de gebruiksnormen gerespecteerd zijn. Mest wordt in CLEAN naar andere regio's getransporteerd, terwijl in de praktijk in een aantal gebieden de gebruiksnormen overschreden zijn.

Ook vergeleken met MAM lijken de CLEAN-stikstofgegevens af te wijken (Figuur 3-3). Dit heeft als oorzaak dat CLEAN slechts een beperkt aantal steekjaren gebruikt en daartussen interpoleert.

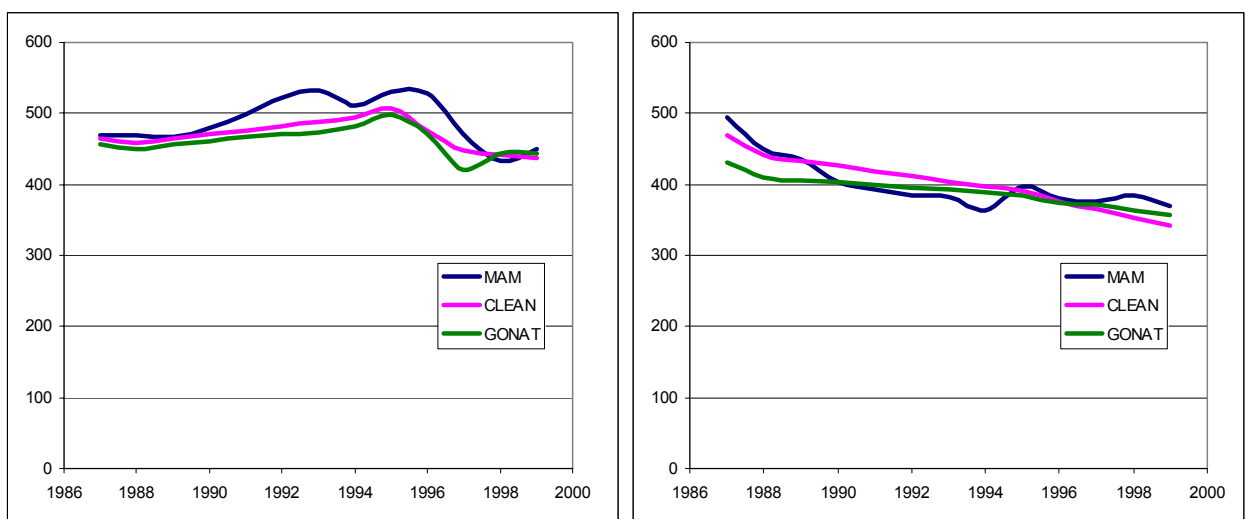
Versillen tussen GONAT en CLEAN in Figuur 3-3 door de jaren heen worden veroorzaakt door het feit dat voor 1997 de arealen op elkaar zijn afgestemd (paragraaf 2.1), in andere jaren veroorzaken areaalverschillen de verschillen in totale bemesting.



Figuur 3-1 Trends in dierlijke mest-N (IN-scenario) in kg/ha N CLEAN (links) en GONAT (rechts)



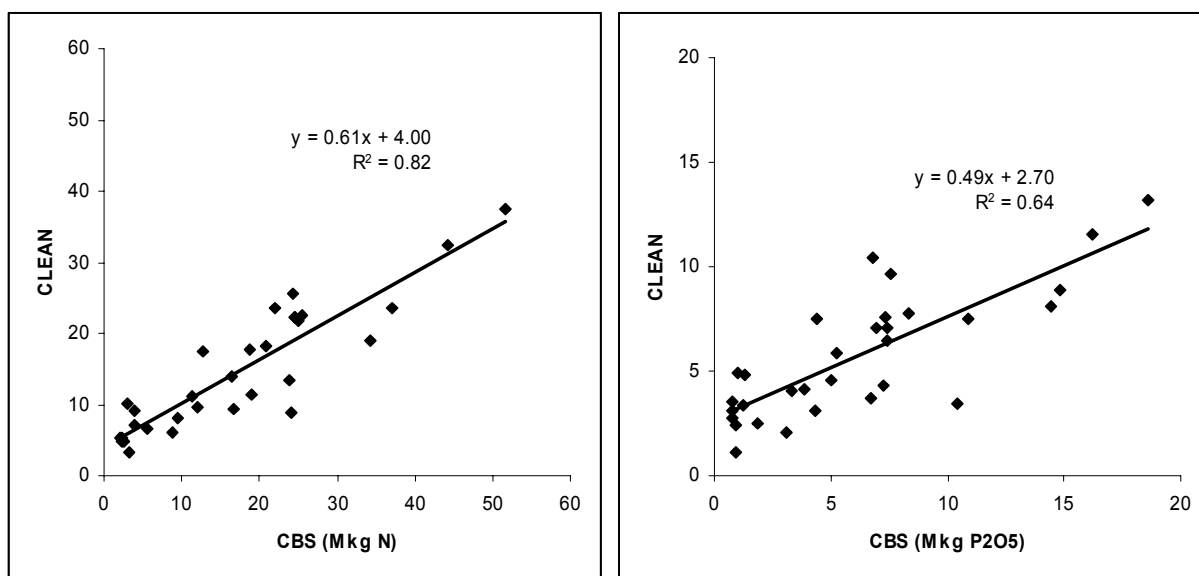
Figuur 3-2 Trends in kunstmest-N (IN-scenario) in kg/ha N CLEAN (links) en GONAT (rechts)



Figuur 3-3 Trends in dierlijke mest N (links) en kunstmest N (rechts) in Mkg N voor het MAM model, CLEAN en na conversie van CLEAN resultaten in GONAT

Tabel 3-1 Nationale mestgegevens van in 1997 in miljoenen kg (Mkg) voor CBS-statistieken, CLEAN en MAM

Mestsoort	CBS	CLEAN	MAM
Kunstmest N	401	374	377
Kunstmest P ₂ O ₅	65	64	61
Dierlijke mest N	536	452	471
Dierlijke mest P ₂ O ₅	190	177	185
Totale mestproductie (miljard kg)	77.1	75.8	77.3



Figuur 3-4 De verdeling van dierlijke mest over de mestregio's in 1997 voor stikstof (links) en fosfaat (rechts)

Er zijn geen schattingen beschikbaar van de spreiding in de berekende bodem-belasting. De nationale gemiddelde NH₃-emissie heeft een bandbreedte van $\pm 30\%$ (Leneman et al., 1998); bij emissies per regio is dat meer. In de praktijk bestaat een grote variatie tussen landbouwbedrijven in het niveau van bemesting en in de verhouding tussen kunstmest en dierlijke mest.

4 Initialisatie GONAT/ANIMO

De initialisatieprocedure is ontwikkeld voor de WSV-studie (Boers et al., 1997) en is bedoeld om de bodemvoorraden en de verdeling van N en P over de pools aan het begin van de scenario-runs in te schatten. De geschiedenis wordt in 3 perioden van 15 jaar gesimuleerd (1941-1955; 1956-1970; 1971-1985). Door de simulatie van alle kringlopen en bodemprocessen gedurende deze 45 jaar wordt in 1985 een toestand berekend waarbij de verdeling van stoffen over de pools berekend worden door het model en waarbij geen inplausibele trendbreuk te verwachten is tussen het historisch verloop en de door te rekenen toekomstige ontwikkelingen.

De figuren in Bijlage 2 geven een indruk van het verloop van een aantal modelvariabelen tot de wortelzone. Op de overgang tussen de eerste en de tweede periode (1955-1956) komt een sprong voor in de N-voorraad en de P-voorraad in de bodem. Deze discontinuïteit in het verloop is het gevolg van de module voor veengronden die corrigeert voor klink en oxidatie van veengronden. Aan het eind van 1955 en aan het eind van 1970 wordt de organische stofvoorraad in het rekengrid van veenprofielen aangepast, om te corrigeren voor het zakken van de bodems. De organische stofvoorraden van veenprofielen worden op deze tijdstippen teruggezet op de waarde van 1941. Voor de diepe veenprofielen worden de N- en P-gehalten dan zodanig aangepast dat de eindvoorraad van een 15 jarige periode gelijk is aan de beginvoorraad van de volgende periode. Voor de veenprofielen met een minerale ondergrond worden de N- en P-gehalten van 1941 aangenomen, waardoor een discontinuïteit ontstaat. Een opgebouwde voorraad wordt verwaarloosd. Of dit al of niet terecht is hangt onder andere af van het tijdstip van de bodemopnamen die de basis vormen voor het inschatten van de initiële organische stofvoorraad. Deze opnamen dateren uit een lange reeks van jaren, maar de meerderheid ligt dicht bij het einde van de initialisatiereeks dan bij het begin van de reeks.

De initialisatieperiode wordt uitgebreid beschreven door Oosterom et al. (2001). Andere belangrijke opmerkingen betreffende de initialisatie zijn:

- In de initialisatie van STONE 2.0 wordt tussen 1940 en 1980 een uitputting van de N-voorraad onder bouwland berekend. Onder grasland op zandgrond treedt een N-accumulatie op van ca. 50kg/ha/a in de jaren 40 tot ca. 100 kg/ha in de jaren 80.
- De N-opname van grasland in de periode 1940-1980 wordt in de initialisatie van STONE 2.0 ca. 100 kg/ha lager berekend dan in de initialisatie van STONE1.3.
- De initialisatieberekeningen laten een zeer geringe P-accumulatie onder grasland zien.
- De P-giften tot de jaren 70 zijn nagenoeg gelijk aan de P-onttrekking door grasland.
- De berekende P-opnames zijn met de QUADMOD-gewasopnamemodule voor de periode 1940 - 1980 ca. 10 kg/ha lager dan berekend door ANIMO in STONE 1.3 (zie Hoofdstuk 5). De P-accumulatie onder grasland in het verleden wordt waarschijnlijk met ca. 20 kg/ha/a onderschat. De accumulatie onder bouwland wordt mogelijk overschat. Deze onderschatting en overschatting is een gevolg van

de schattingen van de mestgiften en de verdeling tussen mestsoorten in de periode 1940-1980.

4.1 Initiële Fosfaattoestand

In Overbeek et al. (2001) is gekeken naar het effect van de initiële fosfaattoestand in de bodem om eventueel verschillen te verklaren met de WSV-data in de fosfaatafspoeling naar het oppervlaktewater.

In Tabel 4-1 is te zien wat de P-toestand van de bodem aan het begin van de feitelijke simulatieperiode (1985) voor de WSV, STONE 1.3 en STONE 2.0 was. Hierbij is voor STONE de hoeveelheid gebonden fosfaat in het jaar 1986 genomen (maaiveld tot aan het GHG niveau) minus het fosfaatoverschot van 1986 (totale bemesting P minus de bruto gewasopname P). De afspoeling van P is niet in deze analyse betrokken, maar deze is van een dusdanig laag niveau ten opzichte van overige betrokken waarden dat deze weinig bijdraagt aan de getallen zoals gepresenteerd. Uit de tabel blijkt dat de initiële condities van STONE 2.0 met name voor maïs en natuurgronden afwijken van STONE 1.3 en de WSV. In paragraaf 8.1 zal bekeken worden of deze verschillen in initiële fosfaattoestand eventuele verschillen fosfaatafspoeling naar het oppervlaktewater kunnen verklaren.

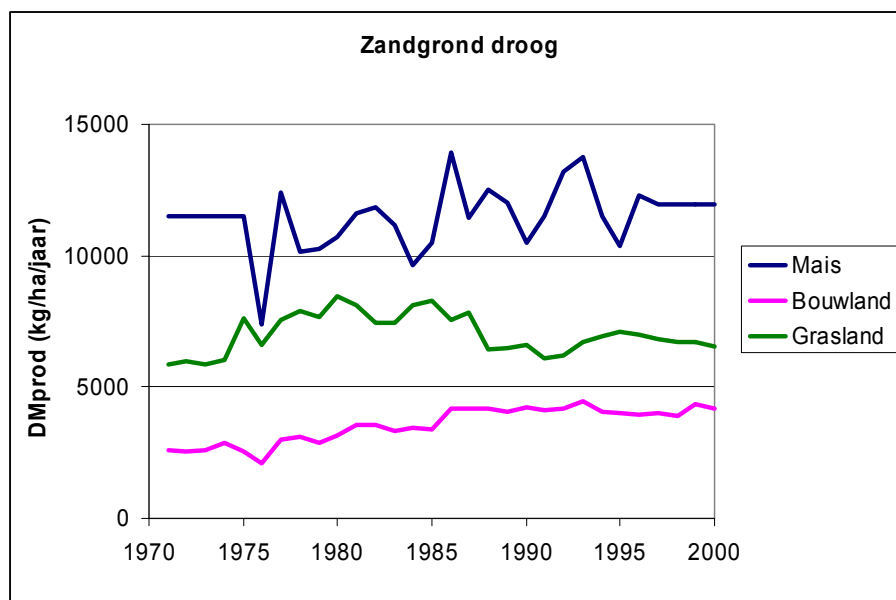
Tabel 4-1 Hoeveelheid gebonden fosfaat (Mg/ha P_2O_5) in de bodem in 1985 voor het STONE en het WSV instrumentarium

	maïs	bouwland	gras	natuur	Totaal
WSV	11.9	9.5	9.0	5.3	8.3
STONE 1.3	10.8	9.7	8.4	5.1	8.0
STONE 2.0	14.0	10.1	7.4	10.7	9.6

5 Gewasopnamemodule QUADMOD

De QUADMOD-benadering (Ten Berge et al., 2000) is ontwikkeld en geïmplementeerd ten behoeve van STONE 2.0 omdat ANIMO soms onrealistische gewasopbrengsten en gewasafvoeren van N en P berekende, met name voor graslanden. Bovendien wordt gewasopname gezien als één van de processen waarvan relatief veel bekend is en waarvan het zinvol is dit proces met grote betrouwbaarheid te beschrijven. Met de implementatie van de QUADMOD-module binnen STONE is de biofysisch/mechanistisch georiënteerde benadering in ANIMO vervangen door een empirische benadering.

Tevens is er in de evaluatie van de prestaties van STONE 2.0 in tegenstelling tot voorgaande versies ook gekeken naar drogestofproducties (Figuur 5-1).



Figuur 5-1 Berekend verloop van de drogestof productie van oogstbare delen berekend met de QUADMOD-module (ten Berge et al., 2000) binnen STONE.

De resultaten van STONE 2.0 waarin de QUADMOD-module is opgenomen zijn meer plausibel dan de resultaten van STONE1.3. Voor de meeste bodem-gewascombinaties zijn de netto-opnames van N en P per jaar met STONE 2.0 ongeveer gelijk aan de resultaten van STONE 1.3. Voor gras worden door QUADMOD aanzienlijk lagere gewasafvoeren berekend. Bovendien wordt het historisch verloop van de opname beter ingeschat en de QUADMOD-module voor gewasopname heeft een aantal andere voordelen:

- de benadering sluit beter aan bij proefveldervaring (de vertaling van proefveld naar praktijk (bruto/netto) gebeurt echter vrij grof).
- de benadering is meer robuust, uitschieters als gevolg van fouten en onzekerheden in andere processen hebben veel minder invloed op de schatting van de gewasopname dan in de biofysisch/mechanistisch georiënteerde benadering in ANIMO

Behalve voordelen zijn er ook nadelen:

- Terugkoppelingen in processen die een invloed zouden kunnen hebben op gewasopname zijn veel minder goed te benaderen. Een wijziging in bijvoorbeeld de waterhuishouding met een veranderde mineralisatie als gevolg heeft geen invloed op de jaarlijkse gewasopname.
- Het concept van de schatting van het N-leverend vermogen is ‘zwak’. In GONAT/ANIMO kan deze invoervariabele voor QUADMODO niet berekend worden uit resultaten van voorgaande jaren.
- Bij de berekening van de effectieve stikstofgift door bemesting treden onzekerheden op als gevolg van schattingen van de werkzaamheid van de hoeveelheid effectieve stikstof. De berekening is verder niet gedifferentieerd in tijd of naar gewas, waardoor invloeden van nieuwere bemestingstechnieken niet tot uitdrukking komen in deze invoervariabele voor QUADMODO.
- De processen gewasopname, N-uitspoeling en denitrificatie correleren allen sterk met weerparameters. Het is daarom van belang deze processen met hetzelfde parameter-bestand aan te sturen. Om dit te bereiken is nog een aanpassing aan het QUADMODO-model noodzakelijk. De huidige versie maakt indirect gebruik van weersgegevens, aan de hand van metingen wordt de maximale gewasopname ingeschat. Die parameter is gevoelig voor (vooral) temperatuur en ook voor neerslag. Deze indirecte methode maakt het QUADMODO-model geschikt voor diagnose, maar minder geschikt voor prognose.

Voor meer informatie betreffende de gewasopnamemodule QUADMODO wordt verwezen naar Groenendijk en Oosterom (2001-1) en Ten Berge et al. (2000)

5.1 Verschil gewasafvoer CLEAN en QUADMODO

In de STONE keten worden op verschillende niveaus gewasafvoeren berekend. In het pre-CLEAN traject worden gewasafvoerwaarden gebruikt om uitgaande van opgelegde verliesnormen bemestingsgegevens te berekenen. In GONAT/ANIMO worden echter nog een keer gewasafvoeren berekend door de QUADMODO module. In CLEAN is de gewasafvoer bepaald op basis van droge stof opbrengst per hectare en mineralengehalte per kg.

Het éne model berekent dus hoeveel mest er op een gebied mag komen uitgaande van verliesnormen, terwijl het andere model zijn eigen gewasafvoeren berekent uitgaande van een bepaalde mestgift. Deze tweede gewasafvoer zou hoger of lager kunnen zijn dan de in CLEAN gebruikte gewasafvoer, hetgeen zou betekenen dat de verliezen in zo'n gebied ook hoger of lager kunnen zijn dan de door CLEAN opgelegde verliesnormen.

Voor berekeningen tot en met 1997 is het verschil in gewasonttrekking tussen QUADMODO en CLEAN niet zo relevant, omdat de bemesting (met dierlijke mest) toen grotendeels werd gestuurd met generieke gebruiksnormen. Vanaf 1998 wordt de bemesting echter gestuurd door MINAS. Een juiste inschatting van de onttrekking is dan van groot belang, omdat de gift wordt berekend als verliesnorm plus onttrekking.

In Tabel 5-1 zijn de gewasafvoergetallen van GONAT/ANIMO en CLEAN tegen elkaar uitgezet. In pre-CLEAN worden voor gras en maïs per jaar slechts 2 gewasafvoercijfers opgelegd, één voor Zuidoost Nederland en één voor Noordwest Nederland, terwijl in GONAT/ANIMO per plot een afvoer wordt berekend.

Voor grasland en maïsland komen de gemiddelde waarden van beide modellen goed overeen, maar er is een grote spreiding in de QUADMODO-uitkomsten. Lokaal (bodem-gewascombinaties binnen een LEI-regio) kunnen verliesnormen met grote waarschijnlijkheid worden overschreden.

Ook voor het overig bouwland vallen de verschillen mee zolang het in CLEAN om wintertarwe en aardappels gaat. In GONAT wordt echter géén onderscheid gemaakt tussen de verschillende overige gewassen.

De consequenties van het gebruik van de verschillende opbrengst- en onttrekkingsdata in CLEAN en GONAT/ANIMO zijn vooralsnog onbekend. Vooral voor gras zijn er in de praktijk vrij grote opbrengstverschillen tussen bedrijven, die in belangrijke mate gerelateerd zijn aan de intensiteit van het bedrijf: intensieve bedrijven realiseren gemiddeld hogere opbrengsten en kunnen dus hogere N- en P-giften aan dan in de 'gemiddelde' benadering van CLEAN.

Tabel 5-1 Gewasafvoer in kg/ha N voor ANIMO-QUADMODO en CLEAN

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Gem.
ANIMO-QUADMODO										
GRAS										
Gemiddelde	318	317	315	324	335	345	332	315	304	323
Stdev	74	70	68	68	64	64	59	57	60	65
5 Percentiel	190	196	200	203	216	223	218	203	196	205
95 Percentiel	409	408	401	413	419	432	411	390	381	407
MAIS										
Gemiddelde	159	163	180	193	164	158	173	168	166	169
Stdev	22	15	23	22	18	18	14	15	18	18
5 Percentiel	147	149	149	161	147	146	163	159	156	153
95 Percentiel	219	200	223	232	211	195	202	202	202	210
BOUWLAND										
Gemiddelde	150	151	150	156	156	165	170	165	143	156
Stdev	24	24	28	26	25	23	19	29	27	25
5 Percentiel	105	109	100	108	114	130	143	113	93	113
95 Percentiel	183	186	190	193	197	211	208	211	182	196
CLEAN										
GRAS										
GRAS – ZO	344	342	350	361	308	318	312	352	300	332
GRAS – NW	313	315	334	311	295	309	267	327	289	307
MAIS										
MAIS – ZO		137	146	166	139	135	134	162	141	145
MAIS – NW		128	151	166	136	153	145	162	144	148
OVERIG										
Wintertarwe						154				154
C+F aardappels						153				153
bieten en pootaardappelen						121				121
Overige gewassen						88				88

6 Hydrologie

In dit plausibiliteitsrapport worden een beperkt aantal hydrologische aspecten besproken. Hydrologische data zijn vaste invoergegevens voor STONE en zijn in STONE 2.0 onafhankelijk berekend met het SWAP model. In STONE 2.0 is de koppeling van de hydrologie aan de STONE plots sterk verbeterd ten opzichte van STONE 1.3. Voor de beschrijving van de hydrologische aanpassingen die ten behoeve van STONE 2.0 zijn gedaan en de validatie hiervan wordt verwezen naar van Kroes et al. (2001) en Kroon et al. (2001).

De in STONE 1.3 geschematiseerde plots hebben een beperkte kolomdiepte van 7 meter. In droge tijden kan de grondwaterstand uitzakken beneden deze kolom. Omdat uit de hydrologische schematisatie voor STONE (Kroon et al., 2001) al bleek dat de grondwaterstand dikwijls onder de oorspronkelijke kolomdiepte van 7 meter werd berekend, is de profieldiepte voor STONE in de nieuwe schematisatie verlengd tot een diepte van 13 m. Toch bleek dit ook niet genoeg, in 289 plots (ca. 125.000 ha) zakte de grondwaterstand één of meerdere dagen onder de kolomdiepte van 13 meter. Dit kan een viertal oorzaken hebben. Ten eerste is de hydrologie (met name kwel / wegzijging en randvoorwaarden) bepaald voor een gemiddelde periode (1977-1985), terwijl bij de berekening extreem droge jaren voorkomen (1976). Ten tweede kan voor een aantal probleemploots waar het NAGROM-model geen dekking heeft (het verzadigde zone model NAGROM is gebruikt voor de bepaling van de onderrandvoorwaarde van het onverzadigde zone model SWAP), een te hoge wegzijging zijn ingeschat. Ten derde is een aantal technische verklaringen denkbaar, die te maken hebben met de koppeling tussen SWAP en NAGROM. Ten vierde kunnen in delen van Nederland ook daadwerkelijk zeer diepe grondwatersituaties voorkomen, dus conform de berekening.

Voor deze plots is in 3 stappen de onderrandvoorwaarde verhoogd (minder wegzijging in de flux aan de onderrand). Voor 65 plots was dit niet succesvol en zijn (ook) overige hydrologische kenmerken aangepast. De gekozen aanpak had tot gevolg dat de grondwaterstanden voor de 289 behandelde plots binnen de gedefinieerde kolom bleven. Een bijkomend effect is dat de wegzijging over een vlak van bijna 125.000 ha is verminderd (orde 0.4 mm/dag). Voor meer gedetailleerdere informatie omtrent dit thema wordt verwezen naar Kroon en Huygen (2001)

6.1 Neerslagoverschotten

Bij de evaluatie van STONE 1.3 bleek er een grote discrepantie te bestaan tussen de neerslagoverschotten van STONE 1.3 en van de HELP-studie (Werkgroep HELP, 1987). Hierdoor kon een deel van de gevonden verschillen in resultaten tussen STONE 1.3 en bijvoorbeeld NLOAD verklaard worden (Overbeek et al., 2001; Van Drecht en Scheper, 1998).

Om deze reden is er opnieuw een vergelijking gemaakt met neerslagoverschot gegevens van de HELP-studie zoals verwerkt in het NLOAD model. Ten behoeve van de onderbouwing van de HELP-tabel is de berekening van de actuele verdamping uitgevoerd met het quasi-stationaire model LAMOS (Werkgroep HELP-tabel, 1987)

en de gebruikte invoergegevens van de bodemfysische eigenschappen zijn afgeleid van de zgn. Rijtema-curves (Rijtema, 1969). Ook de berekening van de potentiële verdamping is anders en verder is er geen berekening toegepast.

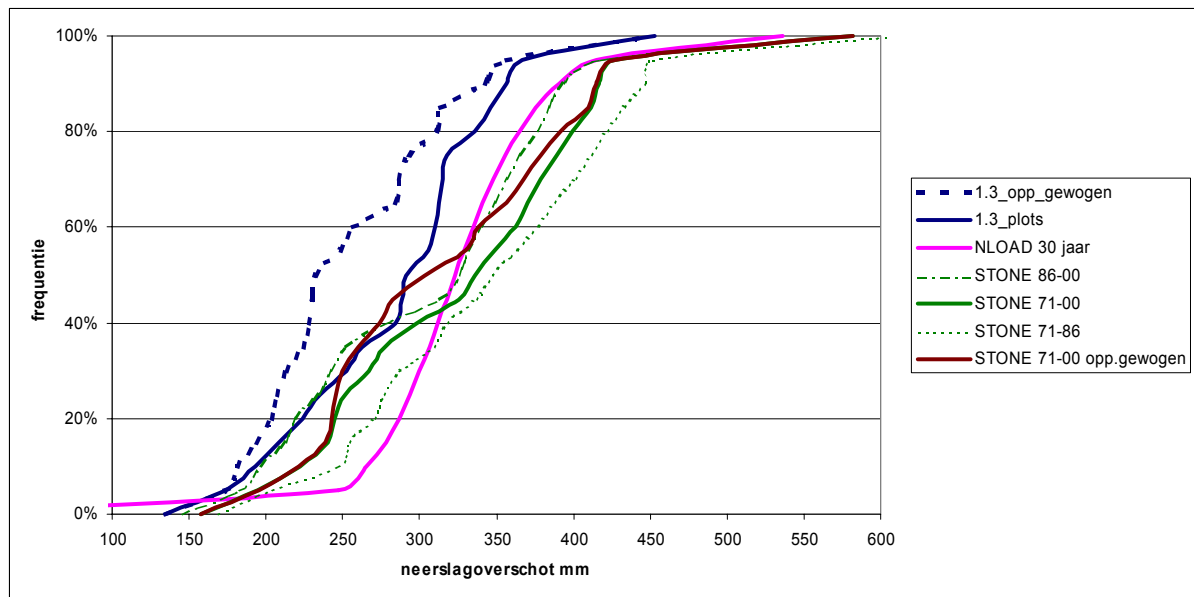
In Tabel 6-1 en Figuur 6-1 zijn de verschillen weergegeven tussen het 30-jarig gemiddeld neerslagoverschot van HELP, een 15-jarig gemiddeld neerslagoverschot van STONE 1.3 en het 30-jarig gemiddeld neerslagoverschot van STONE 2.0. Het blijkt dat, vergeleken met STONE 1.3 waar de verdamping onder zandgronden overschat werd (Overbeek et al., 2001), de verschillen in het neerslagoverschot tussen STONE en de HELP studie voor een groot deel verdwenen zijn. De jaarlijkse neerslagoverschotten in STONE 2.0 voor zandgronden blijven hoger dan in HELP, maar minder hoger dan STONE 1.3 (Tabel 6-2)

Tabel 6-1 Verschil in neerslagoverschotten STONE 1.3 (15 jarig gemiddelde 1986-2000), STONE 2.0 (30 jarig gemiddelde 1971-2000) en HELP (30 jarig gemiddelde 1960-1990) (mm/jaar)

	HELP	STONE1.3	STONE 2.0	STONE 2.0 opp. Gewogen	Verschil met HELP		
					STONE 1.3	STONE 2.0	STONE 2.0 opp.gewogen
Mediaan NL	306	249	291	313	57	15	-8
Gemiddeld NL	303	259	314	293	44	-11	10
Mediaan Landbouw op zand	323	231	336	303	92	-13	20
Gemiddeld Landbouw op zand	320	252	324	313	68	-4	7

Tabel 6-2 Verschil in neerslagoverschotten STONE 1.3 (15 jarig gemiddelde 1986-2000), STONE 2.0 (30 jarig gemiddelde 1971-2000) en HELP (30 jarig gemiddelde 1960-1990, Bron: NVerlies, Willems et al., 2000) (mm/jaar).

	HELP		STONE				verschillen met HELP			
	gem. 1960-1990	Range	1.3 86-00	2.0 86-00	2.0 71-85	2.0 71-00	1.3 86-00	2.0 86-00	2.0 71-85	2.0 71-00
gras-zand-nat	268	201-328	216	229	274	252	52	39	-6	16
gras-zand-droog	355	297-404	232	245	289	267	123	110	66	88
mais/bouwland-zand-nat	387	320-443	308	365	403	384	79	22	-16	3
mais/bouwland-zand-droog	453	393-502	317	366	401	384	136	87	52	69



Figuur 6-1 Frequentiediagram van het verschil tussen het neerslagoverschot van STONE 2.0 (15 jarig gemiddelde en 30 jarig gemiddelde), STONE 1.3 (15 jarig gemiddelde 1986-2000) en HELP-NLOAD (30 jarig gemiddelde 1960-1990) voor de zandgronden onder landbouw

In Kroes et al. (2001) is een vergelijking gemaakt met de waterbalansen van twee gebieden, Hupsel en Rottegatpolder. De conclusie is dat de neerslag en verdamping in de invoer van STONE goed overeenkomen met de gemeten waarden in Hupsel (overwegend grasland en maïs), maar dat de verdamping voor het akkerbouwgebied Rottegatpolder te laag is.

6.2 Grondwatertrappen

In STONE 1.3 werden bij de vertaalslag van de grondwatertrappenkaart naar de ploteigenschappen ongeveer 430.000 ha. van de natte gronden 'weggeschematiseerd', de natte Gt's bleken qua areaal niet dominant en vielen weg. Het niet onbelangrijke gevolg was dat Gt III en Gt V nagenoeg verdwenen (Overbeek et al., 2001). Ten opzichte van STONE 1.3 is in STONE 2.0 een sterke verbetering uitgevoerd. Er vindt geen vertaalslag meer plaats van een hydrologische schematisering naar een bestaande plotschematisering, maar de nieuwe hydrologische schematisering is opgenomen in de plotindeling van STONE 2.0 (Kroon et al., 2001).

Andere modellen, die in eerdere studies gebruikt zijn voor de berekening van uitspoeling van nitraat naar het grondwater zoals NLOAD (van Drecht en Scheper, 1998) en NVerlies (Bresser et al., 1999; Willems et al., 2000) hebben gebruik gemaakt van de gekarteerde grondwaterstanden (Kaart-Gt). Deze kaart-Gt is voor een deel verouderd. Voor STONE zijn de grondwaterstanden berekend. De gemodelleerde Gt-verdeling in de plotschematisatie van STONE 2.0 is vergeleken met de gekarteerde Gt.

De hydrologische invoer voor STONE 2.0 correspondeert met een areaal van 1.888.819 ha (67%) droge gronden (Gt VI en VII), dit is 20% meer dan volgens de kaart-Gt (Tabel 6-3). Voor de afleiding van de Gt over 30 jaar, die als invoer dient

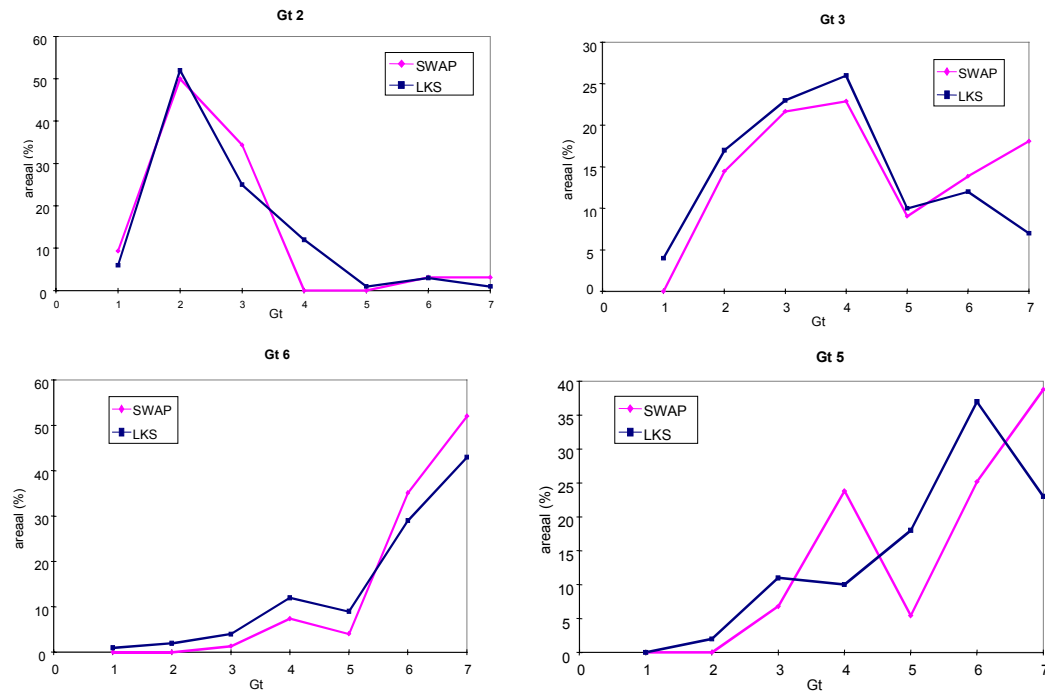
voor STONE was de Gt aanvankelijk niet correct afgeleid. Deze werd namelijk bepaald door de voor de Gt-berekening benodigde waarde van de grondwaterstand op de 14^e en 28^e dag via interpolatie af te leiden van de decade-grondwaterstanden. Deze interpolatie had afvlakking van de pieken tot gevolg. Hierdoor werden de GHG's een klasse droger gesimuleerd, met name rond de 80-100 cm diepte. Daarom is voor STONE 2.0 de Gt opnieuw bepaald, op basis van de modelresultaten van de 14^e en 28^e dag in de periode 1970-2000.

Tabel 6-3 Areaalverdeling in ha en in % van de Gt-classes voor Nederland (landbouw en natuur) volgens de grondwatertrappenkaart en verschillende versies van de STONE-schematisatie.

Gt	Kaart-GT		STONE1.3		STONE 2.0 redesign		STONE 2.0	
I	55552	1.8	7575	0.3	89695	3.3	58413	2.1
II	377491	12.3	215075	7.9	235269	8.5	221219	7.9
III	526504	17.1	126075	4.6	320682	11.6	277494	9.9
IV	169104	5.5	191925	7.0	283551	10.3	227056	8.1
V	557087	18.1	103625	3.8	146364	5.3	134544	4.8
VI	766954	24.9	722875	26.5	889793	32.3	928463	33.1
VII	625875	20.3	1355600	49.8	792145	28.7	960356	34.2
Totaal	3078567	100	2722750	100	2757499	100	2807544	100
'droog' VI en VII	1311189	45.2	2078475	76.3	1681938	61.0	1888819	67.3

In de STONE re-design rapportage (Kroon et al., 2001) is voor de presentatie van de Gt-verdeling de Gt wel correct afgeleid, maar voor een kortere periode van 8 jaar (1978-1985). Door gebruik van deze kortere periode wijkt de Gt in genoemde rapportage af van de Gt op basis van 30 jaar die is gehanteerd in STONE, onder meer gebruikt voor de bepaling van de droge gronden. Op basis van 8 jaar wordt 61 procent van het areaal als droge grond gekenmerkt, terwijl op basis van 30 jaar 67.3 procent van het areaal als zodanig wordt gekenmerkt

In Figuur 6-2 is de Gt voor een aantal kaartbladen opnieuw vergeleken met resultaten van de landelijke steekproef (LKS), op de locaties van de steekproef. Uitgezet zijn per 'gekarteerde Gt' de werkelijke verdeling van de Gt (landelijke steekproef) en de Gt afgeleid uit SWAP (1971-2000). Het blijkt dat een Gt uit de bodemkaart in werkelijkheid (volgens de landelijke steekproef) voorkomt als meerdere Gt's. De verdeling van de gesimuleerde Gt komt sterk overeen met de verdeling van de Gt's volgens de landelijke steekproef. De conclusies van Kroon et al. (2001) waarin alleen de 8 jarige reeks werd vergeleken blijven gehandhaafd. De goede vergelijking met resultaten van de landelijke steekproef wijst erop dat de grondwaterstanden met SWAP vrij goed overeenkomen met de huidige grondwatersituatie en bevestigen dat de (oude) grondwatertrappenkaart in tientallen procenten van het areaal verouderd is.



Figuur 6-2 Vergelijking per 'gekarteerde' Gt tussen de werkelijke verdeling van de Gt (Landelijke Steekproef LKS) en de gesimuleerde Gt door SWAP (1971-2000). Bijv. de figuur voor Gt2 laat zien dat voor lokaties met een gekarteerde Gt2 in 50% van de gevallen SWAP zowel als de Landelijke Steekproef ook een Gt2 vinden.

6.3 Effect van de berekende Gt-verdeling

In Overbeek et al. (2001) is vermeld dat er een verschil is tussen door STONE 1.3 berekende arealen boven de nitraatnorm van 50 mg/l en door NLOAD (MV4-versie) berekende arealen. Tevens is vermeld dat een deel van de gevonden verschillen waarschijnlijk verklaard kan worden door het gebruik van verschillende grondwatertrappeninformatie. NLOAD maakt gebruik van de verouderde kaart-Gt terwijl door STONE een berekende Gt wordt gebruikt, die meer overeenstemt met de feitelijke actuele situatie. Een andere mogelijke oorzaak was het verschil in neerslagoverschot gebruikt in de modellen NLOAD (HELP-studie) en STONE (SWAP simulatie).

Uit paragraaf 6.1 blijkt dat het verschil in neerslagoverschot voor STONE 2.0 niet meer als het belangrijk verschil kan worden aangemerkt, droge zandgronden uitgezonderd.

In het kader van het RIVM-project M718201 Beleidsanalyse Vermesting is onderzocht wat het effect is van het gebruik van verschillende hydrologische invoer, in dit geval neerslagoverschotten en Gt-kaarten, op beleidsanalyse.

Uit Tabel 6-4 blijkt dat zo'n 65 % van het landbouwareaal in STONE 2.0 gekarakteriseerd kan worden als droog (Gt VI, VII en VII*) ten opzichte van zo'n 41% in NLOAD. In de exercitie zijn de door STONE gebruikte grondwatertrappen opgelegd aan het NLOAD-model. De belasting door mest en de arealen binnen een gemeente van een bodem en gewascombinatie zijn niet gewijzigd. Een aantal in NLOAD onderscheiden bodem-gewas combinaties binnen gemeentes bleken niet voor

te komen in de STONE-schematisatie. Dit verklaart de minimale verschillen in de totale arealen per gewassoort in Tabel 6-5. Aangezien in de STONE-schematisatie geen onderscheid gemaakt wordt in verschillende soorten akkerbouw (behalve maïs) zijn voor een goede vergelijking tussen de NLOAD- en STONE-dataset in de NLOAD-dataset de gewassen aardappelen, suikerbieten, tarwe en overige akkerbouw samengevoegd tot overige akkerbouw.

Tabel 6-4 Arealverdeling in % over de Gt-klassen, zoals gebruikt in NLOAD en in STONE 2.0, voor het totale landbouwareaal in Nederland.

Gt-klasse	NLOAD-kaart Gt				STONE-berekende Gt			
	Gras	mais	Overig	Totaal	Gras	Mais	overig	totaal
I	1	0	0	1	4	0	0	2
II, II*	23	2	2	13	15	2	1	9
III, III*	23	20	10	18	12	10	4	9
IV	5	6	8	6	8	9	12	10
V, V*	20	23	21	20	5	6	2	4
VI	18	27	43	28	30	29	58	39
VII	7	14	12	9	12	20	13	13
VII*	3	7	3	4	13	24	8	13
droog VI, VII, VII*	28	48	58	41	55	73	80	65

Tabel 6-5 Gebruikte arealen voor de invoer van het model NLOAD

	NLOAD-opgelegde STONE gegevens	NLOAD-origineel
gras	1038937	1047639
mais	209865	219201
bouwland	647785	666336
totaal	1896587	1933176

Tabel 6-6 NLOAD resultaten met de invoer van de originele NLOAD dataset (kaart-Gt en HELP-neerslagoverschot) en de STONE dataset (Gt en neerslagoverschotten op basis van SWAP). Percentages van het areaal in een bepaalde klasse van nitraatconcentraties in het bovenste grondwater.

		<25 mg/l	25 – 50 mg/l	50 – 100 mg/l	>100 mg/l	boven norm > 50 mg/l
1995 kaart-Gt, HELP-neerslagoverschot	gras	32	18	25	25	50
	mais	2	7	77	13	90
	overig	4	2	4	90	95
	totaal	19	11	24	46	70
1995 SWAP-Gt SWAP-neerslagoverschot	gras	23	10	20	48	67
	mais	3	7	69	21	90
	overig	4	2	4	90	94
	totaal	14	7	20	59	79
2020 kaart-Gt, HELP-neerslagoverschot	gras	48	27	25	0	25
	mais	4	18	76	2	78
	overig	4	5	7	85	92
	totaal	27	18	26	29	55
2020 SWAP-Gt SWAP-neerslagoverschot	gras	31	20	43	7	50
	mais	4	12	80	3	84
	overig	4	4	10	83	93
	totaal	18	13	37	32	69

Uit Tabel 6-6 blijkt dat de gevolgen van het gebruik van een andere hydrologische invoer voor uitspraken over nitraatconcentraties boven de norm groot zijn. Voor grasland wordt door NLOAD met de STONE-dataset in 1995 67 % van het areaal boven de norm van 50 mg/l berekend, terwijl met de kaart-Gt als invoer 50 % van het areaal boven de norm berekend wordt. De NO₃-concentraties in een groot deel van het areaal berekend door NLOAD met de STONE-hydrologie is bovendien boven de 100 mg/l, hetgeen nog grotere consequenties heeft voor de prognose van het areaal boven de nitraatnorm in 2020. Op gras wordt door NLOAD met de STONE-hydrologie als invoer in 2020 25% extra areaal boven de nitraatnorm berekend ten opzichte van de berekeningen met de kaartGt. Voor Nederland als totaal is dit zo'n 14%.

Nu alle overige akkerbouwsoorten zijn samengevoegd tot de NLOAD-klasse 'overig akkerbouw' lijkt de invloed van de veranderde grondwatertrappen voor het overige akkerbouw zeer gering.

Een groter areaal droge gronden betekent dus een groter areaal met een hoge nitraatconcentratie in het bovenste grondwater.

6.4 Afvoer naar het oppervlaktewater

Voor de berekening in het hydrologische model SWAP zijn vijf drainagesystemen onderscheiden. Het primaire, secundaire en tertiaire drainagesysteem, buisdrainage en maaivelddrainage. De indeling van de eerste drie drainagesystemen berust op de klassenindeling van waterlopen die wordt gehanteerd in het Top10-vector bestand. De toekenning van buisdrainage en maaivelddrainage is gebaseerd op expert-judgement (Kroon et al., 2001). Greppels en droogvallende waterlopen worden toegekend aan het tertiaire systeem, waterlopen smaller dan 3 meter aan het secundaire systeem, waterlopen breder dan 3 meter aan het primaire systeem.

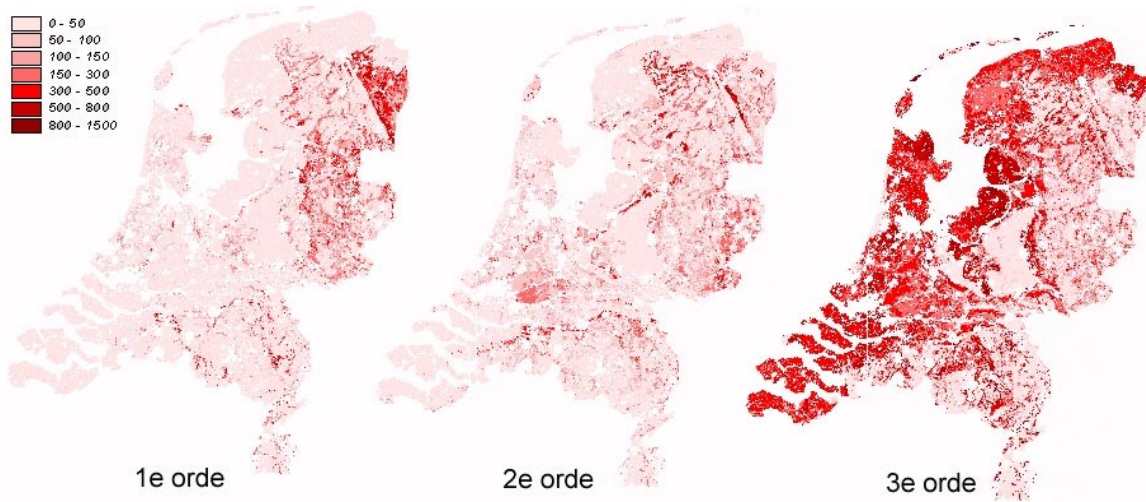
In ANIMO worden slechts drie drainagesystemen (exclusief oppervlakkige afvoer) onderscheiden. Deze drie drainagesystemen zijn:

- 1^e orde drainagesysteem – de kanalen en rivieren
- 2^e orde drainagesysteem – sloten en beken
- 3^e orde drainagesysteem – greppels en drainbuizen

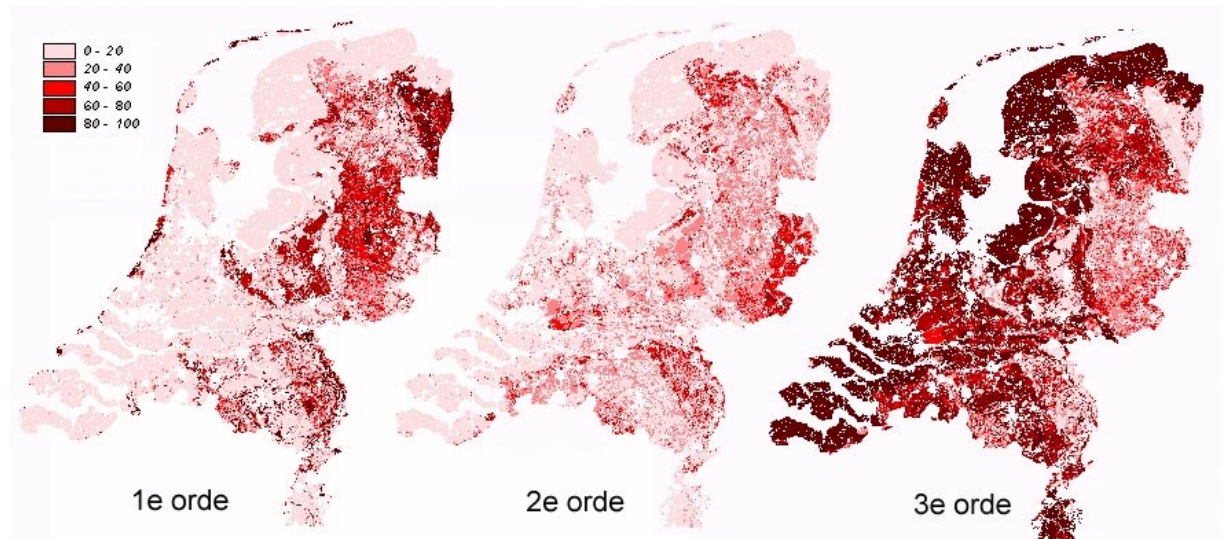
De in SWAP berekende afvoer naar het oppervlaktewater via vijf drainagesystemen moet worden heringedeeld in drie drainagesystemen. De maaivelddrainage en buisdrainage uit SWAP worden altijd toegekend aan het 3^e orde drainagesysteem in ANIMO. Het primaire drainagesysteem uit SWAP wordt altijd toegekend aan het 1^e orde drainagesysteem in ANIMO. De toekenning in ANIMO van het secundaire en tertiaire systeem uit SWAP hangt af van de dieptepositie van de drainbuizen alsmede van het aantal aanwezige drainagesystemen.

Het blijkt dat het grootste deel van de drainage plaatsvindt via het 3^e orde drainagesysteem (Figuur 6-3 en Figuur 6-4).

Voor de nutriëntenfluxen wordt dit beeld nog versterkt (Tabel 6-7 en Tabel 6-8).



Figuur 6-3 Waterafvoer in mm/jaar (15 jarig gemiddelde) naar verschillende oppervlaktewatercomponenten.



Figuur 6-4 Percentage(%) van de totale afspoeling per gridcel van de waterafvoer naar verschillende oppervlaktewatercomponenten op basis van een 15 jarig gemiddelde waarde

Tabel 6-7 Stikstofafvoer naar verschillende drainagesystemen per bodemsoort in kg/ha en als percentage van het totaal (15 jarig gemiddelde, weersjaren 1971-1985)

	veen	zand	klei	veen	zand	Klei
		kg/ha			%	
3e orde	71	26	27	78	66	88
2e orde	15	8	2	16	22	6
1e orde	4	5	1	4	12	5
Oppervlakkig	1.26	0.01	0.40	1	0	1
Totaal	91	39	30	100	100	100

Tabel 6-8 Waterbalans met waterafvoer naar verschillende drainagesystemen per bodemsoort in mm en als percentage van de totale afvoer naar het oppervlaktewater (30 jarig gemiddelde 1971-2000)

	veen	zand	klei	veen	zand	klei
	mm			%		
Neerslag	796	787	791			
3e orde infiltratie	4	1	2			
2e orde infiltratie	63	0	0			
1e orde infiltratie	21	10	5			
Opwaartse flux onderrand	136	87	92			
Interceptie	85	65	52			
Evaporatie	98	120	135			
Transpiratie	309	290	257			
Oppervlakkige afvoer	6	0	5	1	0	1
3e orde afvoer	305	129	353	64	54	87
2e orde afvoer	117	54	29	25	22	7
1e orde afvoer	52	58	25	11	24	6
Neerwaartse flux onderrand	49	180	36			

7 Nitraat bovenste grondwater

7.1 Vergelijking met meetnetgegevens

In STONE 1.3 leken de plotgewogen nitraatconcentraties in het bovenste grondwater in eerste instantie redelijk overeen te komen met de data van het mestmeetnet (MKBGL, Fraters et al., 1997). Er was in STONE 1.3 echter een groot verschil tussen plotgewogen waarden en oppervlakte gewogen concentraties. Dit had verstrekkende gevolgen wanneer er uitspraken werden gedaan over arealen.

Bij de nieuwe schematisatie in STONE 2.0, waar het aantal rekenplots bijna is verdubbeld (Kroon et al., 2001) zijn de verschillen tussen plotgewogen en oppervlakte gewogen waarden vrijwel verdwenen.

Het mestmeetnet bevat gemeten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater op 140 verschillende bedrijven in Nederland in de periode 1992-1995, voor het grootste deel (100 bedrijven) in de zandgebieden. Uit deze mestmeetnet data op de zandgebieden is een gemiddelde concentratie per landbouwbedrijf berekend voor een gemiddeld weerjaar. In het mestmeetnet worden puntwaarnemingen vertaald naar bedrijfsgemiddelde NO₃ concentraties gegaan door toepassing van mengmonsters. Hierdoor worden hoge en lage concentraties uitgemiddeld. De monsterperiode van het mestmeetnet spreidt zich uit van april tot september. De gemeten waarden lagen in het voorjaar over het algemeen lager dan in de nazomer (Fraters et al., 1997). Het mestmeetnet beslaat twee droge (1992 en 1993) en twee natte jaren (1994 en 1995). Over het algemeen is er voor het mestmeetnet steeds boven de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand bemonsterd. Bij het grootste deel van de bemonsterde locaties lag de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand lager dan 40 cm-mv.

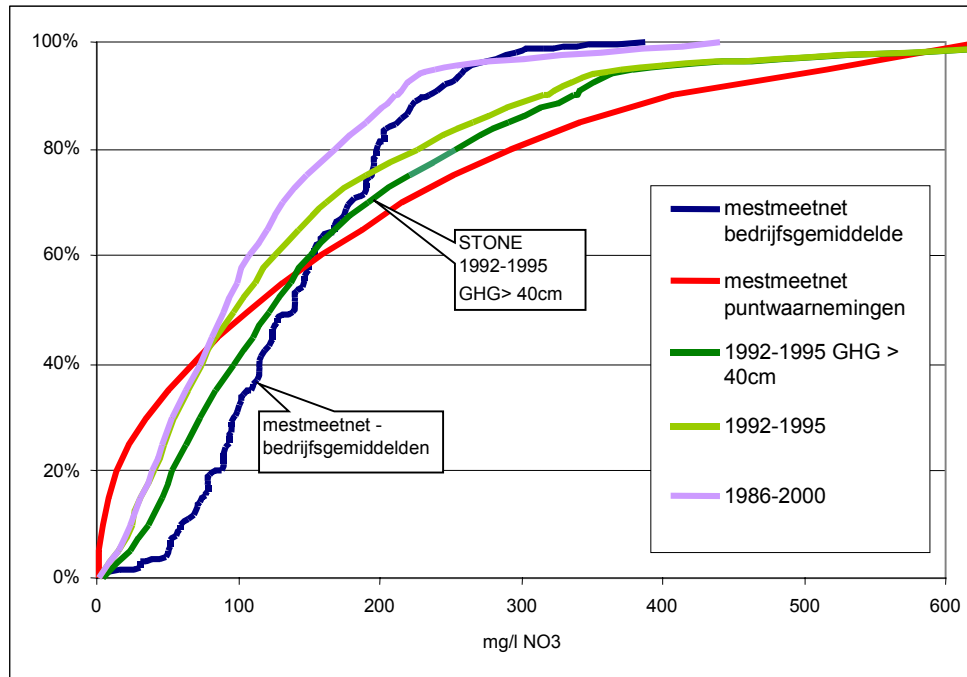
STONE berekent als basisresultaat nitraatconcentraties op plotniveau, dat wil zeggen voor combinaties van bodemgebruik, bodemtype, hydrologie, enzovoort. Een concentratie voor een plot kan zo beschouwd worden als een gemiddelde voor een geaggregeerd perceel voor heel NL of een LEI-regio.

De met STONE berekende NO₃ concentraties in het bovenste grondwater, zijn bewerkt (zie Overbeek et al., 2001) en gebruikt voor de vergelijking met het mestmeetnet. Voor de vergelijking met STONE, zijn uit de STONE-resultaten nitraatconcentraties berekend van een halve meter boven het GLG tot een halve meter onder GLG. De van STONE-berekeningen afgeleide waarden zijn een middeling van 36 decadewaarden. Alleen de relevante STONE-uitkomsten van de landbouwgronden in de zandgebieden zijn gebruikt, dat wil zeggen alle STONE 2.0 plots gekarakteriseerd door bodemsoort zand en door landgebruik maïs, gras of overig bouwland. Bovendien zijn alleen die plots geselecteerd waarbij de GHG dieper ligt dan 40 cm (Gt IV, VI en VII). STONE 2.0 resultaten zijn berekend gebruik makend van de weerjarenreeks 1986-1997.

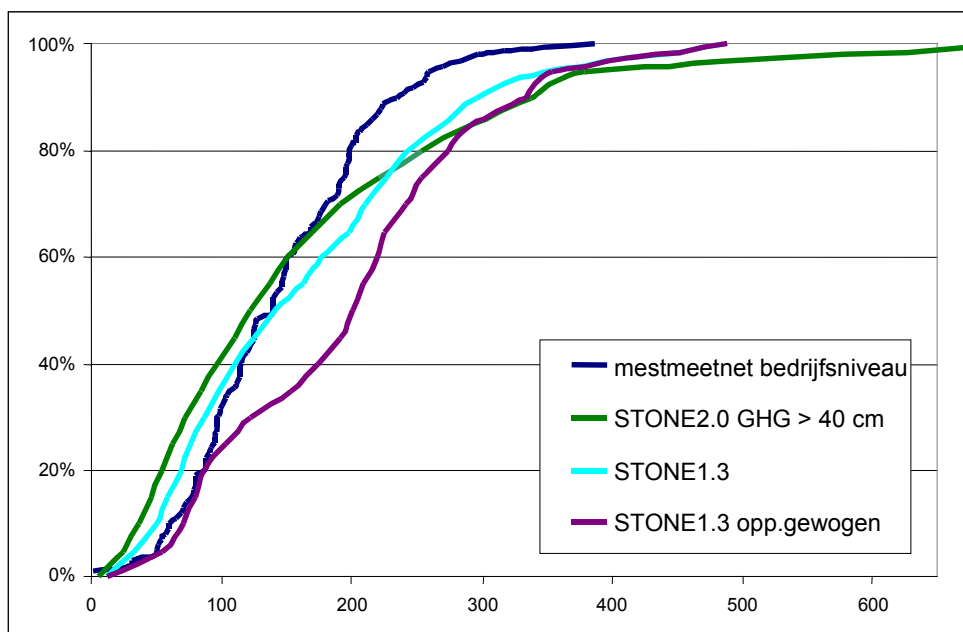
In Figuur 7-1 zijn de cumulatieve frequentieverdelingen van de volgende datasets met elkaar vergeleken op frequentieniveau:

- Mestmeetnetdata, bedrijfsgemiddelde en weergecorrigeerde waarden, 4-jarig rekenkundig gemiddelde (1992-1995)

- Mestmeetnetdata, puntwaarnemingen (nitrate checks), 4-jarig rekenkundig gemiddelde
- STONE resultaten 1986-2000, werkelijke weerjaren, 15-jarig rekenkundig gemiddelde
- STONE resultaten 1992-1995, werkelijke weerjaren, 4-jarig rekenkundig (92-95, de jaren waarin het mestmeetnet is gemeten)
- STONE resultaten 1992-1995, werkelijke weerjaren, 4-jarig rekenkundig, GHG dieper dan 40 cm (Gt IV, VI en VII)



Figuur 7-1 Cumulatieve frequentieverdeling voor STONE 2.0 resultaten (GLG +/- 0.5 m) en het mestmeetnet, landbouw op zand, berekeningen met werkelijke weerjaren.



Figuur 7-2 Cumulatieve frequentieverdeling voor STONE 2.0 resultaten (GLG +/- 0.5 m), het mestmeetnet en STONE 1.3 resultaten, landbouw op zand, berekeningen met werkelijke weerjaren 1992-1995

Tabel 7-1 Gemiddelde en mediane waarden. Metingen, STONE 2.0 en STONE 1.3 (landbouwplots op zand, GLG +/- 0.5 meter en plotgemiddelde waarden, tenzij anders vermeld)

	gemiddeld	mediaan
Mestmeetnet 1992-1995 Bedrijfsgemiddeld	145	139
Mestmeetnet 1992-1995 Puntwaarnemingen (nitrate checks) gemiddeld	166	107
STONE 2.0 (hydrologie 1971-1985) 1986-2000 GHG > 40 cm	169	139
STONE 2.0 (hydrologie 1971-1985) 1986-2000	146	85
STONE 2.0 (hydrologie 1986-2000) 1992-1995 GHG > 40 cm	156	122
STONE 2.0 (hydrologie 1986-2000) 1992-1995	135	97
STONE 2.0 (hydrologie 1986-2000) 1992-1995 opp. Gewogen	139	104
STONE 1.3 (hydrologie 1986-1997) 1986-2000	160	142
STONE 1.3 (hydrologie 1986-1997) 1986-2000 opp. gewogen	193	201

In tegenstelling tot de data van STONE 1.3 (Overbeek et al., 2001) is er in STONE 2.0 slechts een klein verschil tussen plotgemiddelde en oppervlakte gewogen waarden (Tabel 7-1 en Figuur 7-2). Uit de tabel en uit Figuur 7-1 blijkt bovendien dat de vergelijking zeer lastig is. Voor een deel wordt dat veroorzaakt door het verschil in ruimtelijke representativiteit tussen de STONE-plots en de bedrijfsgemiddelde waarden van het mestmeetnet. Het blijkt dat extreme waarden door het middelen van perceelwaarnemingen per bedrijf in het mestmeetnet meer worden uitgevlakt, dan door het modelmatig middelen van landbouwpercelen in STONE-plots.

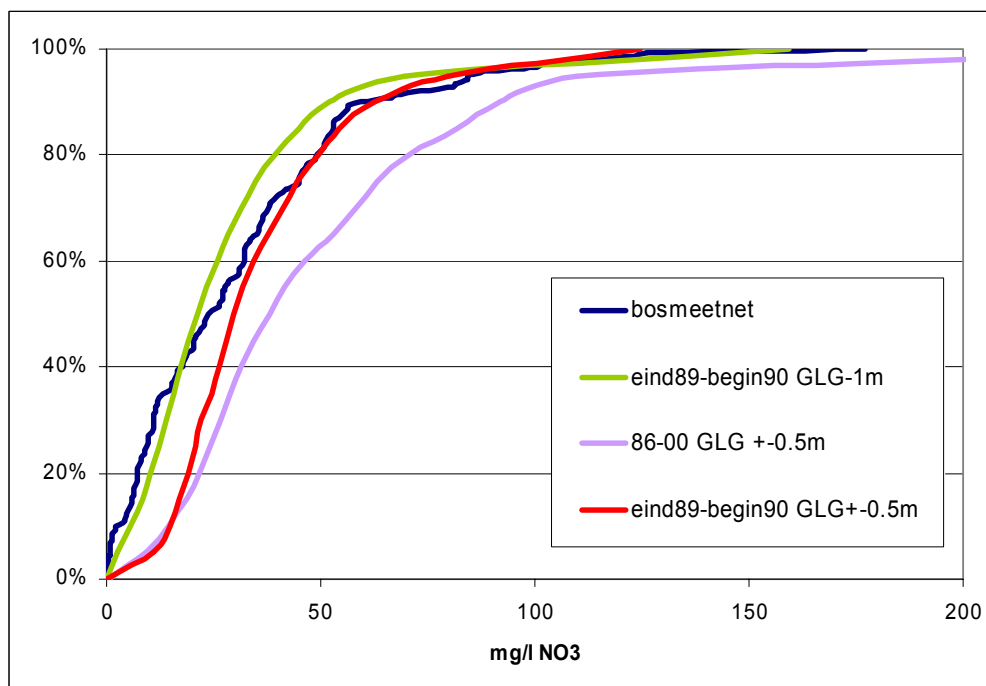
Een goede overeenkomst tussen cumulatieve frequentie verdeling van modelresultaten en waarnemingen geeft slechts een beperkt inzicht in plausibiliteit. Er wordt nog geen informatie verschaft over de overeenkomst op het niveau van bijvoorbeeld regio's, bedrijfstypen of bodem-gewas-hydrologie associaties. De met STONE 2.0 berekende concentraties zullen tijdens het uitgebreidere STONE-toetsingstraject vergeleken worden met gemeten data rechtstreeks op bedrijfsniveau. Hierbij zal rekening moeten worden gehouden met het verschil in schaalniveau tussen de STONE 2.0 plots en individuele bedrijfswaarnemingen.

De STONE 2.0 plots gekarakteriseerd door landgebruik natuur en grondsoort zand zijn gebruikt voor de vergelijking van metingen (155 puntmetingen) in het bovenste grondwater onder bos van oktober 1989 tot en met de eerste helft van april 1990 (verder 'Bosmeetnet' genoemd).

In overleg met de beheerder van het Bosmeetnet is gekozen om de bovenste meter grondwater te interpreteren als 1m-GLG, in overeenstemming met de metingen van het bosmeetnet. Beschouwing van de specifieke periode waarin het bosmeetnet is gemeten levert zichtbaar betere resultaten, aangezien in deze periode geen hoge en lage waarden gemiddeld worden en er dus geen gemiddelde situatie geldt.

In Figuur 7-3 zijn de volgende datasets met elkaar vergeleken op frequentieniveau:

- 15-jarig gemiddelde 0.5m-glg, 0.5m+glg
- half jarig gemiddelde (najaar 89-voorjaar 90) 0.5m-glg, 0.5m+glg
- half jarig gemiddelde (najaar 89-voorjaar 90) 1-glg
- Bosmeetnet, puntwaarnemingen (najaar 89-voorjaar 90)



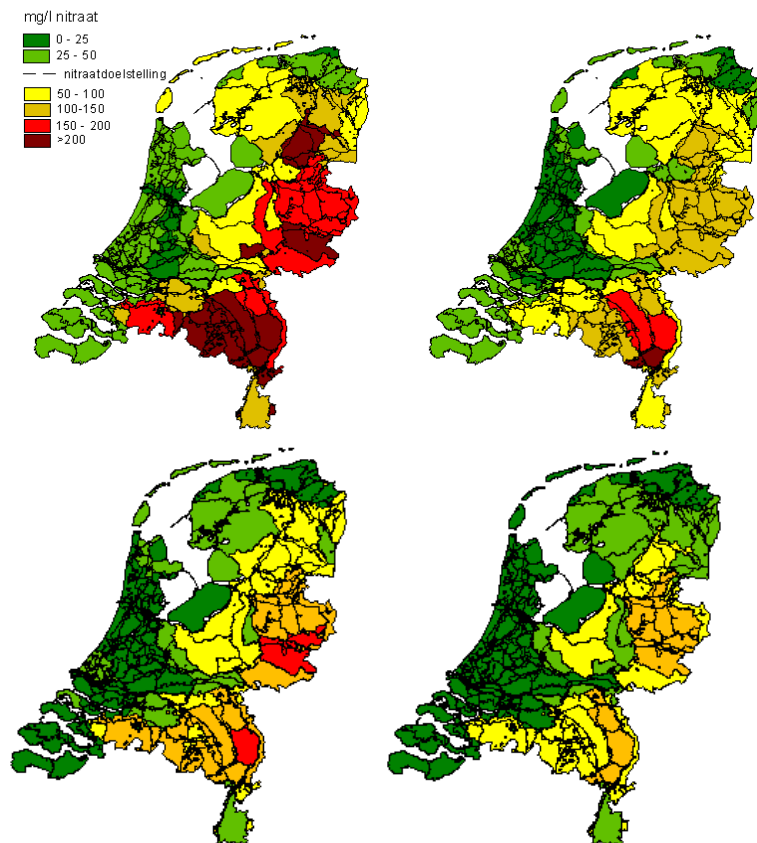
Figuur 7-3 Frequentiediagram, STONE 2.0 resultaten vergeleken met metingen, natuur op zand, berekeningen met historische weerjarenreeks 1971-1985.

Concluderend kan gezegd worden de vergelijking van STONE-gegevens aan de data van het mestmeetnet inherent complex is. Op basis van frequentiediagrammen, gemiddelde en mediane waarden lijken de STONE-resultaten goed overeen te komen met de data van het mestmeetnet. Niettemin verschaft deze vergelijking nog geen inzicht in de plausibiliteit van STONE-resultaten op het niveau van regio, bedrijfstype of bodem-gewas-Gt-clusters. Tijdens de te volgen STONE-toets zal nader ingegaan worden op de vergelijking.

7.2 Gevolgen nitraatconcentraties

De berekende nitraatconcentraties zijn lager in STONE 1.3. Verder was er in STONE 1.3 met name een groot verschil tussen plotgemiddelde waarden en oppervlaktegewogen waarden. Dit verschil is bij STONE 2.0 vrijwel verdwenen als gevolg van de nieuwe fijnere schematisering. In Figuur 7-4 is het verschil in het ruimtelijk beeld gegeven van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater tussen STONE 1.3 en STONE 2.0. In Tabel 7-2 zijn percentages van het areaal in een bepaalde klasse van nitraatconcentratie in het bovenste grondwater gegeven voor STONE 1.3 en STONE 2.0.

In Tabel 7-3 en Figuur 7-5 is te zien dat de resultaten van het huidige STONE 2.0 beter overeenkomen met eerder gerapporteerde modelstudies dan STONE 1.3.



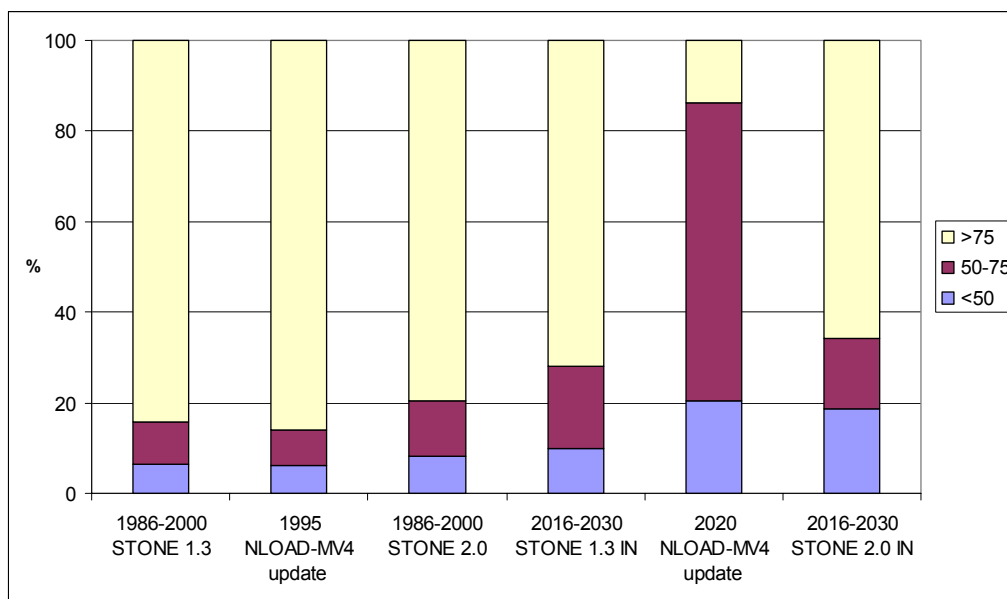
Figuur 7-4 Berekende nitraatconcentraties in het bovenste grondwater onder landbouwgronden, STONE 1.3 (boven) en STONE 2.0 (onder), 1986-2000 (links) en IN scenario 2016-2030 (rechts)

Tabel 7-2 Percentages van het areaal in een bepaalde klasse van nitraatconcentratie in het bovenste grondwater (mg/l NO_3) berekend met verschillende STONE versies, IN-scenario.

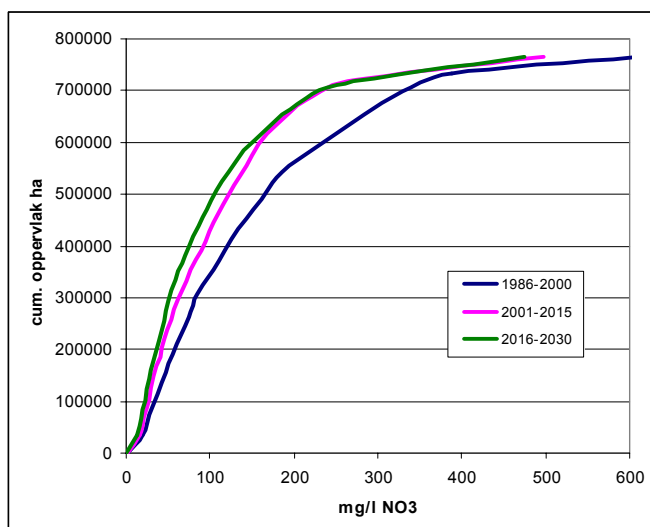
	ALLES	ZAND	DROOG ZAND + DAL	ALLES	ZAND	DROOG ZAND + DAL
Modelversie Norm	1986-2000	1986-2000	1986-2000	2016-2030	2016-2030	2016-2030
STONE 1.3 <50	53	6	2	63	17	11
STONE 1.3 50-75	11	10	8	10	16	18
STONE 1.3 >75	36	84	90	27	67	70
STONE 2.0 <50	67	29	8	74	41	19
STONE 2.0 50-75	8	14	12	7	14	16
STONE 2.0 >75	25	57	80	19	45	66

Tabel 7-3 Percentage van het landbouwareaal dat voldoet aan de nitraatnorm van 50mg/l volgens STONE en eerdere modelstudies, totaal Nederland, zandgronden en droge zandgronden.

Scenario	Model	%landbouw totaal <50mg/l	%landbouw zand <50mg/l	%landbouw droog zand <50mg/l
Oenema 1998	ANIMO 2015	79	-	-
	ANIMO 2037	88	-	-
MV4	NLOAD 2020	70	40	-
MV4 update	NLOAD 2020	67	36	20
Bresser1999	NVerlies 2008	75-85	45-75	-
MV5 IN	STONE 1.3 (2016-2030)	62	16	10
MV5 IN	STONE 2.0 (2016-2030)	74	41	19



Figuur 7-5 Overschrijding nitraatnorm oppervlaktepercentage droge zandgronden onder landbouw STONE 1.3 IN, NLOAD MV4-update en STONE 2.0 IN.



Figuur 7-6 Cumulatief oppervlakt uitgezet tegen de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater op zandgronden onder landbouw, berekend met STONE 2.0, IN-scenario.

8 Afspoeling N en P naar het oppervlaktewater

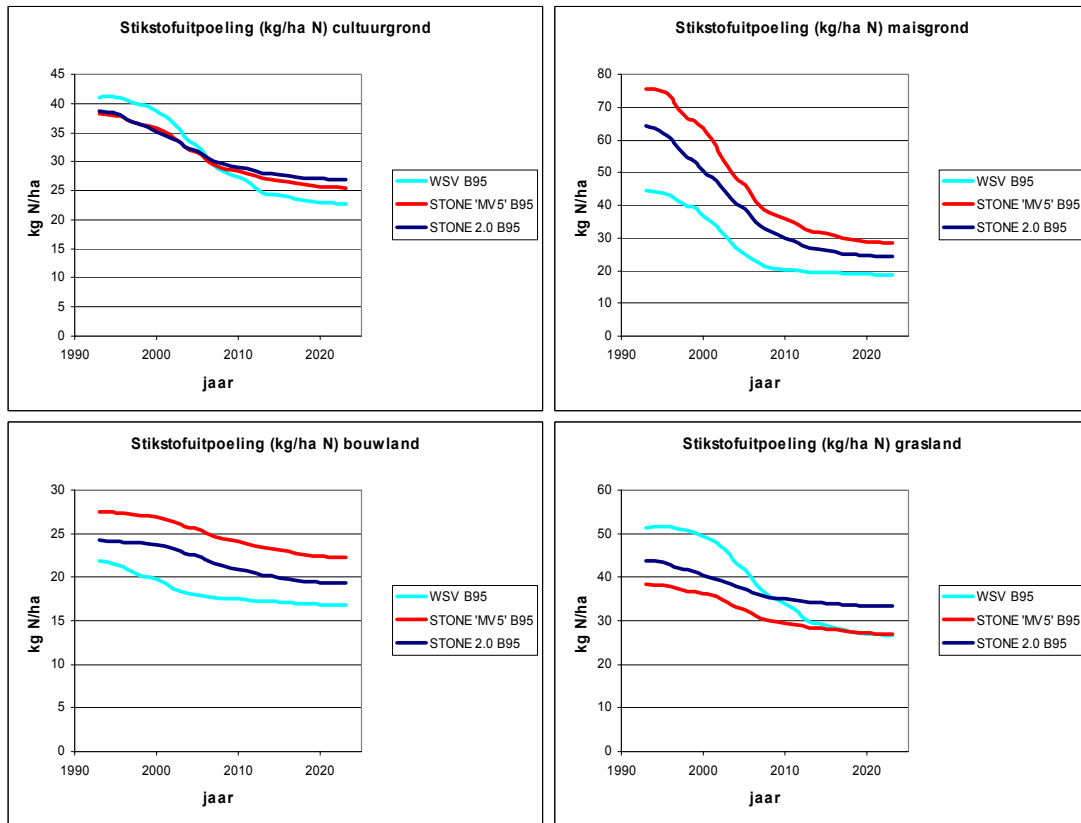
Een belangrijk probleem in STONE 1.3 was dat de afspoeling van fosfaat naar het oppervlaktewater wordt onderschat. Lager dan de gemeten waarden in het oppervlaktewater. Tussen het moment van uitspoeling naar het oppervlaktewater en tussen de meting in het oppervlaktewater vindt meestal retentie plaats door vastlegging in de slootwand van P en denitrificatie van N. Daarom is de verwachting dat de N- en P-concentratie in de berekende nutriëntentoevoer naar het oppervlaktewater altijd hoger zijn dan de gemeten concentraties in het oppervlaktewater. Volgens expert judgement is dit in de range van 30-50%.

8.1 Vergelijking WSV

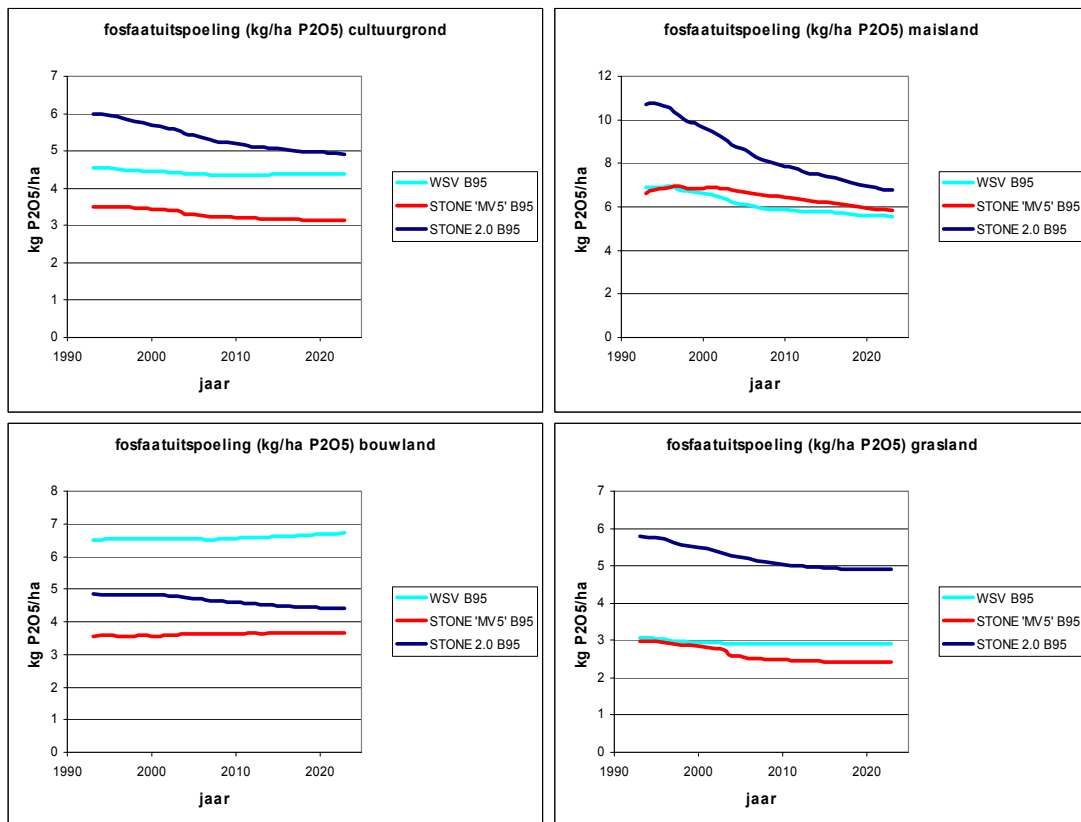
Net als in Overbeek et al. (2001) zijn de nutriëntenfluxen naar het oppervlaktewater bekeken en vergeleken met data uit de WSV-studie (Boers et al., 1997). In STONE 2.0 is, behalve voor bouwland, er een duidelijke verhoging van de P-afspoeling naar het oppervlaktewater zichtbaar (Figuur 8-1 en Figuur 8-2). Deze verhoging van de P-afspoeling lijkt niet veroorzaakt door afwijkingen in de initiële P-voorraad in de bodem (Tabel 4-1).

In Figuur 8-3 tot Figuur 8-5 zijn bovendien de ruimtelijke beelden vergeleken voor enkele afspoelingstermen.

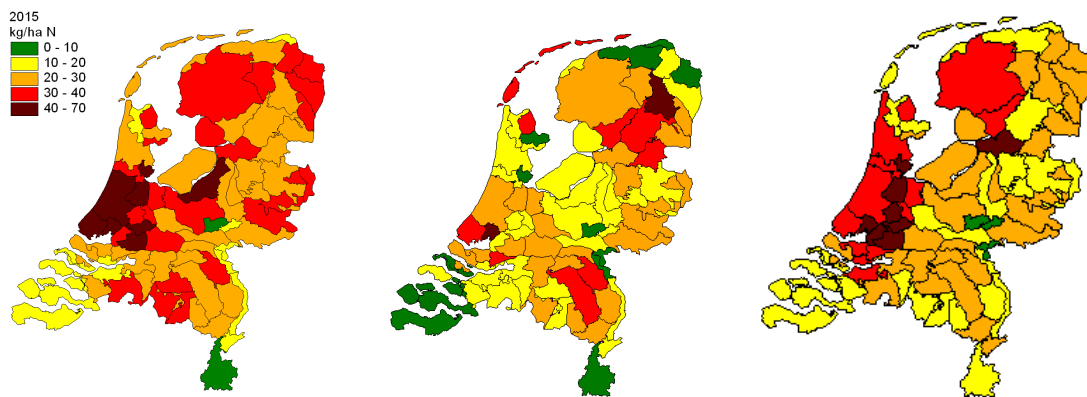
De bemestingstrends van het WSV-Beleid95 scenario zoals toegepast in de WSV-studie en toegepast in het model CLEAN zijn vergeleken in Overbeek et al. (2001). Het bleek dat alleen voor maïsland enige discrepanties bestaan tussen de twee studies. Verschillen tussen de WSV-studie en STONE kunnen verklaard worden doordat in de WSV-studie het scenario vrijwel instantaan naar een bemestingsniveau ging, terwijl het scenario in STONE gebaseerd is op interpolaties waarbij meer geleidelijk naar een bemesting gegaan wordt.



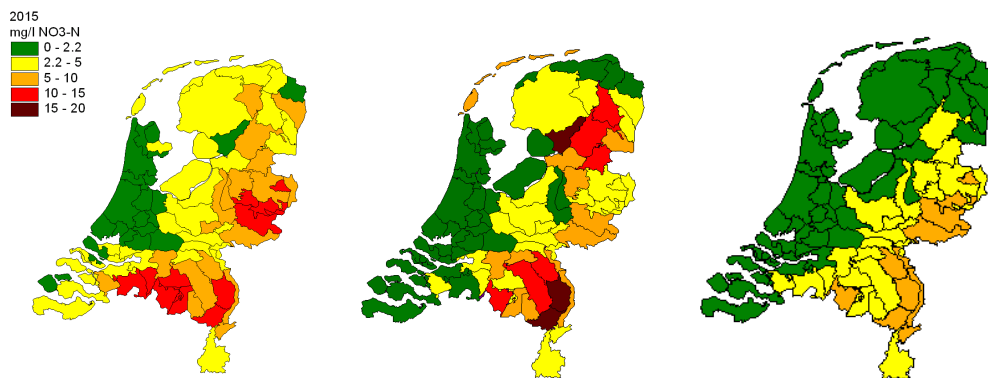
Figuur 8-1 Lopend gemiddelde stikstofuitspoeling naar het oppervlaktewater STONE 1.3, WSV en STONE 2.0, WSV-Beleid95 scenario



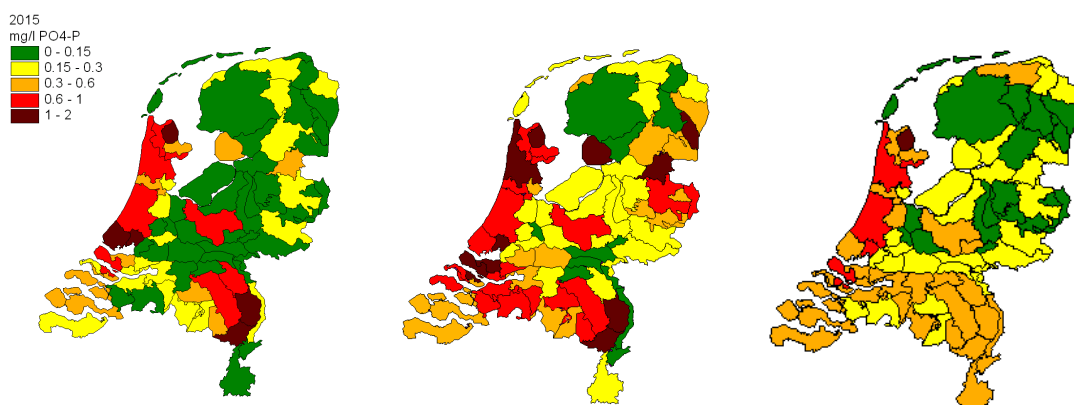
Figuur 8-2 Lopend gemiddelde fosfaat uitspoeling naar het oppervlaktewater STONE 1.3, WSV en STONE 2.0, WSV-Beleid95 scenario



Figuur 8-3 Ruimtelijk beeld van de totale N afspoelingsflux naar het oppervlaktewater in 2015 berekend met STONE1.3 (links), STONE 2.0 (rechts) en volgens de WSV-berekeningen (midden), WSV-Beleid95 scenario



Figuur 8-4 Ruimtelijk beeld van de NO_3 afspoelingsconcentratie in de toevoer naar het oppervlaktewater in 2015 berekend met STONE1.3 (links), STONE 2.0 (rechts) en volgens de WSV-berekeningen (midden), WSV-Beleid95 scenario



Figuur 8-5 Ruimtelijk beeld van de totale anorganische P afspoelingsconcentratie in de toevoer naar het oppervlaktewater in 2015 berekend met STONE1.3 (links), STONE 2.0 (rechts) en volgens de WSV-berekeningen (midden), WSV-Beleid95 scenario

8.2 Vergelijking met meetgegevens CIW

De plausibiliteit van STONE ten behoeve van de berekening van de oppervlaktewaterbelasting is beoordeeld op basis van een vergelijking met een deel van de CIW-meetgegevens. Bij deze versie is alleen naar het winterhalfjaar gekeken. De met STONE berekende uit- en afspoeling zijn vergeleken met de meetresultaten uit de CIW (CIW, 2000).

8.2.1 Meetresultaten CIW

Voor de meetresultaten is gebruikt gemaakt van een subset van de CIW-dataset (Commissie Integraal Waterbeheer) bestaande uit meetpunten die voornamelijk door de landbouw beïnvloed worden. Dit betreft 141 meetpunten voor totaal Fosfor en 121 meetpunten voor totaal Stikstof. De meetgegevens zijn omgerekend naar een winterhalfjaargemiddelde. Dit is gedefinieerd als de periode tussen 1 oktober en 31 maart. Alleen die meetresultaten zijn meegenomen waar in één winterhalfjaar tenminste 3 metingen beschikbaar waren.

8.2.2 STONE resultaten

De STONE 2.0 resultaten zijn omgerekend naar een winterhalfjaar gemiddelde. Hiervoor is de decade output van STONE gebruikt en op dezelfde wijze naar een winterperiode omgerekend. De concentratie is berekend door:

$$\text{Totaal N [mg/l]} = \frac{\{\text{Som NO}_3, \text{NH}_4, \text{Organisch N van surface runoff, drainage 1, 2 en 3}\} * 100}{\text{som van waterafvoer van surface runoff en drainage systeem 1, 2 en 3}}$$

Voor totaal P wordt de som van mineraal P en organisch P gebruikt. Door uit te gaan van het winterhalfjaar hoeft geen aanvoer van gebiedsvreemd water in beschouwing genomen te worden. Ook opname van waterplanten en andere temperatuur gevoelige processen zijn ondergeschikt in deze periode. De verwachting is dat de door STONE berekende concentraties in de toevoer in het algemeen vergelijkbaar zijn met of hoger zijn dan de gemeten oppervlaktewaterconcentraties.

8.2.3 Procedure

De volgende stappen zijn doorlopen:

1. Meetresultaten van CIW dataset [meetpunt, datum].
2. Berekening winterhalfjaar [meetpunt, jaar]; criterium aantal waarnemingen > 3. Voor N 2300 en P 2500 gegevens.
3. Berekening STONE winterhalfjaarconcentratie [plotnr, jaar].
4. Combineren van meting met plot waar het meetpunt in ligt op basis van coördinaten, [meetpunt, plotnr, jaar], N : 1400 P, 1680 gegevens.
5. Berekenen van langjarig gemiddeld uit 4, [meetpunt, plotnr], voor N 120 en P 140 combinaties.
6. Berekenen van overall-gemiddelde uit 5.

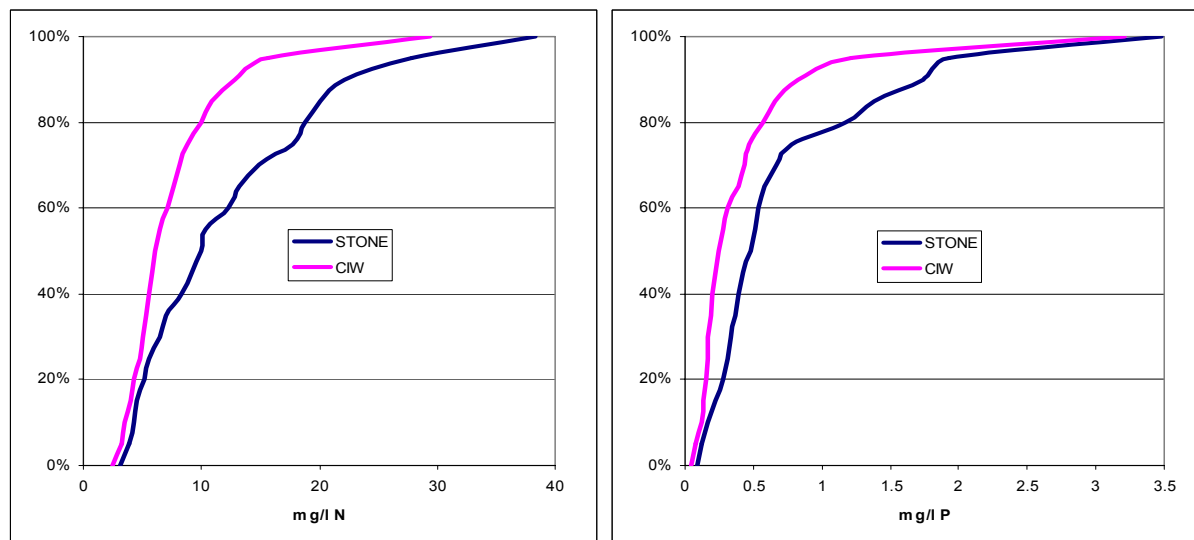
De STONE en CIW gegevens betreffen de periode 1986-1999. Met jaar 1986 wordt hier bedoeld: winter 1986-1987.

8.2.4 Resultaten

Voor alle meetresultaten zijn de resultaten weergegeven in Tabel 8-1. Cumulatieve frequentiediagrammen van de data staan in Figuur 8-6.

Tabel 8-1 Vergelijking van de CIW meetresultaten en de STONE berekeningsresultaten

	Gemiddelde meetconcentratie	Gemiddelde van STONE berekeningen	Gemiddelde van het verschil; [STONE – meting]
N_totaal	7.6	12.0	4.4
P_totaal	0.4	0.7	0.3

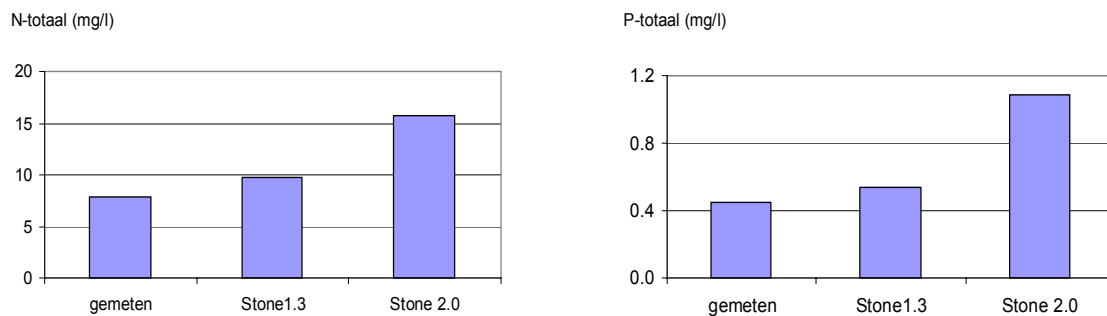


Figuur 8-6 Cumulatief frequentiediagram, CIW metingen tegen STONE 2.0 resultaten, N (links) en P (rechts)

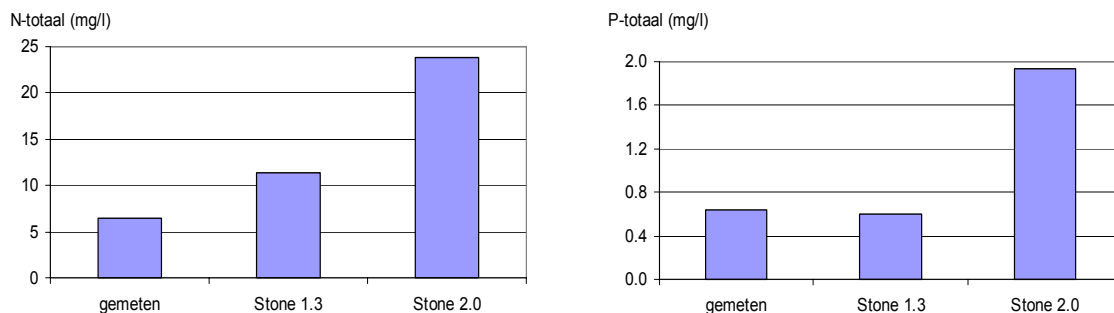
Belangrijk resultaat is dat uit de cumulatieve frequentiediagrammen blijkt dat de gemiddeld berekende waarden steeds hoger zijn dan de gemeten waarden, in overeenstemming met de verwachting. Aangezien een model ontbreekt voor de retentie in de slootwand kan geen uitspraak gedaan worden over de plausibiliteit van het verschil. Er is in de vergelijking geen rekening is gehouden met eventuele bovenstroomse beïnvloeding of met verschillen in jaren, zoals droge of natte jaren. Tijdens het uitgebreidere STONE-toetsingstraject zullen de meetgegevens verder vergeleken worden met STONE-plotuitvoer.

8.3 Vergelijking waterkwaliteitsgegevens deelgebieden

Voor de proefgebieden Schuitenbeek (zandgebied) en Bergambacht (veengebied) zijn in het oppervlaktewater gemeten concentraties beschikbaar van N en P. In de evaluatie van voorgaande versies van STONE heeft de vergelijking van berekende N- en P-afvoer naar het oppervlaktewater met concentraties in het oppervlaktewater een belangrijke rol gespeeld. Onderstaande figuren geven de emissieconcentraties in afstromend water berekend met STONE 1.3 en STONE 2.0 en het gemiddelde van N- en P-concentraties in het oppervlaktewater gemeten over enkele jaren.



Figuur 8-7 Stikstof- en fosforconcentraties in de afvoer naar het oppervlaktewater in het stroomgebied van de Schuitenbeek, gemiddelde over de jaren 1989-1993, gemeten en berekend: met STONE 1.3 en met STONE 2.0



Figuur 8-8 Stikstof- en fosforconcentraties in de afvoer naar het oppervlaktewater in het peilgebied Bergambacht, gemiddelde over de jaren 1988-1990, gemeten en berekend: met STONE 1.3 en met STONE 2.0

Voor het verkrijgen van inzicht in de oorzaken van de verschillen tussen de resultaten van de twee modelversies zijn tevens de bodembalansen gegeven (Tabel 8-2 en Tabel 8-3).

Tabel 8-2 N-balansen (kg/ha) van de bodem gemiddeld voor het peilbeheersgebied Bergambacht en voor het stroomgebied van de Schuitenbeek, berekend met STONE 1.3 en met STONE 2.0

	Bergambacht (1988-1990)		Schuitenbeek (1989-1993)	
	STONE1.3 (7m)	STONE2.0 (13m)	STONE1.3 (7m)	STONE2.0 (13m)
Dierlijke mest	284	277	151	160
Kunstmest	298	300	82	81
Depositie	22 ¹	38 ¹	21 ¹	48 ¹
Infiltratie	2	3	0	0
Kwel	15	4	4	1
Gewasopname	381	372	137	126
Vervluchting	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Denitrificatie	405	29	108	94
Oppervlakkige afvoer	19	0	4	0
Afvoer tertiair systeem	19	61	20	13
Afvoer secundair systeem	10	30	3	1
Afvoer primair systeem	5	4	1	1
Wegzijging	2	23	9	13
Accumulatie	-219	104	-24	41

¹ De verschillen tussen de depositiegetallen van STONE 1.3 en STONE 2.0 zijn veroorzaakt door een fout die ten tijde van de MV5 reeds verbeterd was, maar die niet in deze dataset is geactualiseerd.

Tabel 8-3 P-balansen (kg/ha) van de bodem gemiddeld voor het peilbeheersgebied Bergambacht en voor het stroomgebied van de Schuitenbeek, berekend met STONE 1.3 en met STONE 2.0

	Bergambacht (1988-1990)		Schuitenbeek (1989-1993)	
	STONE1.3 (7m)	STONE2.0 (13m)	STONE1.3 (7m)	STONE2.0 (13m)
Bemesting	63.7	63.2	32.1	35.9
Depositie	0.0	0.0	0.0	0.0
Infiltratie	0.1	0.1	0.0	0.0
Kwel	1.1	0.4	0.2	0.0
Gewasopname	29.9	45.5	12.0	14.6
Oppervlakkige afvoer	2.2	0.0	1.0	0.0
Afvoer tertiair systeem	0.3	5.5	0.5	1.0
Afvoer secundair systeem	0.2	2.1	0.1	0.1
Afvoer primair systeem	0.1	0.2	0.0	0.0
Wegzijging	0.1	0.4	0.1	0.3
Accumulatie	32.3	10.2	18.5	20.1

Voor Schuitenbeek zijn de vrachten richting oppervlaktewater in STONE 2.0 lager dan in STONE 1.3. Niettemin zijn de concentraties in de afvoer (Figuur 8-7) hoger. Voor Bergambacht zijn zowel de vrachten als de concentraties naar het oppervlaktewater hoger. De berekende concentraties in de afvoer naar het oppervlaktewater zijn in Bergambacht voor stikstof zo'n 2 keer zo groot als de gemeten concentraties in het oppervlaktewater. Voor fosfor is dit een factor 3-4.

De toename van de belasting van het oppervlaktewater in STONE 2.0 ten opzichte van STONE 1.3 worden veroorzaakt door een tweetal factoren.

- In STONE 2.0 zijn twee mineralisatieparameters aangepast. Een parameterwaarde voor de afbraak van humus/biomassa en een gewijzigde waarde voor de afbraak van opgeloste organische stof (Groenendijk en Oosterom, 2001-2). Door de

omzettingssnelheid van het opgeloste organische stof te verlagen worden de concentraties van organische gebonden-N en organisch gebonden-P in het bodemvocht hoger en spoelt er meer N en P af naar het oppervlaktewater. Voor de veengronden van het peilbeheergebied Bergambacht is de bijstelling van parameters te sterk geweest. Het beeld van de gemiddelde uitspoeling voor alle veengronden in Nederland is beter (Groenendijk en Oosterom 2001-2).

- De hydrologische modellering is in beide gebieden ingrijpend gewijzigd. In Bergambacht is de infiltratie vanuit en de drainage naar het oppervlaktewater in STONE 2.0 ongeveer 100 mm/j hoger dan in STONE 1.3. In STONE 1.3 is sprake van een netto kwel, in STONE 2.0 van een netto wegzijging. Ook in Schuitenbeek is de wegzijging sterk toegenomen. In STONE 1.3 bedroeg de oppervlakkige afstroming in respectievelijk Bergambacht en Schuitenbeekgebied 130 en 60 mm/j. In STONE 2.0 treedt geen runoff meer op, maar is deze term gedeeltelijk vervangen door maaiveld drainage. Voor Bergambacht wordt meer ondiepe (snelle) drainage berekend, hetgeen tot een hogere N- en P-afvoer heeft geleid.

9 Nutriënten balansen

In Tabel 9-1 tot 9-4 zijn de bodembalansen gegeven in kg/ha berekend met STONE 1.3 en STONE 2.0 voor het GHG-profiel. Aangezien de totale profieldiktes verschillen (7 meter versus 13 meter) kunnen op basis van het GHG-profiel de verschillen tussen de twee modelversies inzichtelijk gemaakt worden.

Tabel 9-1 Stikstofbalans van de bodem in kg/ha STONE 1.3 IN scenario GHG profiel (maaiveld-GHG)

	Maïs	Gras	Bouwland	Natuur	Totaal
1986-2000					
Kunstmest	66	284	138	0	159
Dierlijke excretie	544	364	104	0	217
Depositie	21	17	4	55	24
Afname (+) / Toename(-) bodemvoorraad	23	48	31	7	31
Gewasafvoer	150	386	130	-3	205
Uitspoeling	246	99	48	38	80
Afspoeling	3	7	3	2	4
Denitrificatie	173	164	95	27	112
Vervluchtiging	98	69	21	0	41
2016-2030					
Kunstmest	62	201	85	0	110
Dierlijke excretie	248	312	119	0	178
Depositie	25	20	3	37	21
Afname (+) / Toename(-) bodemvoorraad	38	35	22	18	27
Gewasafvoer	141	344	123	-2	185
Uitspoeling	105	65	35	36	53
Afspoeling	2	5	2	1	3
Denitrificatie	82	99	60	22	68
Vervluchtiging	42	55	21	0	31

Tabel 9-2 Stikstofbalans van de bodem in kg/ha STONE 2.0 IN scenario GHG profiel (maaiveld-GHG)

Scenario	Maïs	Gras	Bouwland	Natuur	Totaal
1986-2000					
Kunstmest	68	286	137	0	142
Dierlijke excretie	514	343	111	0	190
Depositie	36	29	23	53	35
Afname bodemvoorraad	-8	-83	-2	-5	-32
Gewasafvoer	143	320	147	-6	161
Uitspoeling	275	118	57	41	91
Afspoeling	4	5	3	1	3
Denitrificatie	82	58	38	11	40
Vervluchtiging	105	74	25	0	41

2016-2030					
Kunstmest	62	206	83	0	99
Dierlijke excretie	232	301	122	0	156
Depositie	24	20	16	36	24
Afname bodemvoorraad	12	-58	-4	8	-18
Gewasafvoer					
Uitspoeling	112	86	44	38	62
Afspoeling	2	3	2	1	2
Denitrificatie	32	35	23	10	24
Vervluchtiging	45	60	25	0	31

Tabel 9-3 Fosforbalans van de bodem in kg/ha STONE 1.3 IN scenario GHG profiel (maaiveld-GHG)

	Maïs	Gras	Bouwland	Natuur	Totaal
1986-2000					
Kunstmest	16	13	19	0	11
Dierlijke excretie	99	52	21	0	34
Gewasafvoer					
Vastlegging	55	31	12	0	20
Uitspoeling	27	1	3	1	3
Afspoeling	1	1	0	0	0
2016-2030					
Kunstmest	0	0	12	0	3
Dierlijke excretie	47	42	23	0	26
Gewasafvoer					
Vastlegging	-4	5	8	0	4
Uitspoeling	19	2	3	1	3
Afspoeling	0	0	0	0	0

Tabel 9-4 Fosforbalans van de bodem in kg/ha STONE 2.0 IN scenario GHG profiel (maaiveld-GHG)

	Maïs	Gras	Bouwland	Natuur	Totaal
1986-2000					
Kunstmest	16	12	19	0	11
Dierlijke excretie	90	48	21	0	29
Gewasafvoer					
Vastlegging	56	18	9	0	13
Uitspoeling	25	4	4	1	5
Afspoeling	1	0	0	0	0
2016-2030					
Kunstmest	0	0	12	0	3
Dierlijke excretie	43	38	24	0	23
Gewasafvoer					
Vastlegging	3	5	6	0	3
Uitspoeling	17	3	4	1	4
Afspoeling	0	0	0	0	0

De resultaten van STONE 1.3 lieten voor alle gronden en alle gewassen een uitputting van de voorraad N in de bodem zien. Deze 'bron' werd destijds voor een deel toegeschreven aan de degradatie van gronden als gevolg van verdroging. De mate waarin dit optrad is niet te verklaren uit de veronderstelde degradatie, maar was een gevolg van de niet optimale instelling van mineralisatie parameters in het ANIMO-model. Bij de vorming van STONE 2.0 zijn twee parameters bijgesteld. Een parameterwaarde voor de afbraak van humus/biomassa en een waarde voor de afbraak van opgeloste organische stof (Groenendijk en Oosterom, 2001-2). Hierdoor wordt de mineralisatie lager berekend dan in STONE 1.3. Dit heeft tevens een lagere denitrificatie tot gevolg. Het verloop in de tijd is minder variabel vanwege de meer robuuste benadering van gewasopname, berekend met de QUADMOModule. Door de omzettingssnelheid van de hoeveelheid opgeloste organische stof naar beneden bij te stellen worden de concentraties van organische gebonden-N en organisch gebonden-P in het bodemvocht en de afspoelingsconcentraties hoger. In STONE 2.0 is ten opzichte van STONE 1.3 ook geconstateerd dat er een verschuiving is opgetreden in de verhouding tussen organisch gebonden P en minerale P in de bodem. Bij grasland is de bruto opname en de terugstroom van gewasresten naar de bodem berekend door de QUADMOModule hoger dan berekend door de gewasopname routine in STONE 1.3. De onttrekking van minerale N en P is hoger, maar zou onder normale omstandigheden weer snel aangevuld worden door mineralisatie van de plantenresten.

In Tabel 9-5 tot en met Tabel 9-8 zijn de stikstof- en fosforbalansen gegeven in kg/ha berekend met STONE 2.0 voor het totale bodemprofiel uitgesplitst naar grond- en bodemsoort.

Voor grasland wordt een accumulatie van meer dan 100 kg/ha berekend. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door de combinatie van een relatief hoge productie van gewasresten aan de bodem en de parameterisatie van de organische stofmodule in ANIMO. In STONE wordt voor alle gewas-bodemcombinaties met een gelijke parameterinstelling gerekend. Voor de gewas- en wortelresten van grasland zou met een andere assimilatie/dissimilatieverhouding gerekend moeten worden. Echter, informatie over de juiste parameterisatie van dit onderdeel ontbreekt vooralsnog en maakt deel uit van de evaluatie van STONE 2.0.

Onder natte omstandigheden (veengronden) vindt er minder aanvulling van de minerale voorraad plaats en treedt er accumulatie van organisch gebonden N en P op. De verlaging van de parameter waarmee de omzetting van opgeloste organische stof wordt aangestuurd leidt voor natte eutrofe veengronden tot niet-plausibel hoge N en P-belasting van het oppervlaktewater. De combinatie van QUADMOModule met daaraan gerelateerde mineralisatieparameters leidt voor deze veengronden tot een minder plausibel verloop van de mineralisatie. Bovendien is de denitrificatie onder veen op het moment de laagste van de grondsoorten en de afspoeling naar het oppervlaktewater van stikstof het hoogste, hetgeen ook onwaarschijnlijk is.

Tabel 9-5 Stikstofbalans van de bodem in kg/ha STONE 2.0 IN scenario 13 meter profiel

STONE 2.0 – N	Maïs	Gras	Bouwland	Natuur	Totaal
1986-2000					
Kunstmest	68	286	137	0	142
Dierlijke excretie	553	368	114	0	203
Depositie	36	29	23	53	35
Afname (+) / Toename(-) bodemvoorraad	-8	-103	5	5	-34
Gewasafvoer	170	327	152	0	169
Uitspoeling	45	7	3	12	10
Afspoeling	52	41	25	11	29
Denitrificatie	276	129	75	34	98
Vervluchtiging	106	75	24	0	41
2016-2030					
Kunstmest	62	206	83	0	99
Dierlijke excretie	250	319	125	0	165
Depositie	24	20	16	36	24
Afname (+) / Toename(-) bodemvoorraad	17	-64	5	20	-14
Gewasafvoer	162	286	128	0	147
Uitspoeling	19	9	3	13	9
Afspoeling	26	34	23	11	24
Denitrificatie	100	90	52	31	63
Vervluchtiging	46	61	24	0	31

Tabel 9-6 Stikstofbalans van de bodem STONE 2.0 in kg/ha per grondsoort, IN scenario, 13m profiel, exclusief natuurgronden

	Zand	Veen	Klei	Zand	Veen	Klei
		1986-2000			2016-2030	
Netto mestdruk	497	501	373	373	398	288
Kunstmest	195	252	202	137	185	136
Dierlijke excretie	374	309	213	284	256	183
Depositie	32	26	24	22	17	16
Afname (+) / Toename(-) bodemvoorraad	-60	-64	-45	-30	-42	-27
Gewasafvoer	245	296	229	215	266	195
Uitspoeling	25	0	-3	20	1	-3
Belasting oppervlaktewater	31	82	26	23	66	23
Denitrificatie	168	83	99	107	39	61
NH3 Vervluchtiging	72	61	42	47	43	31

Tabel 9-7 Fosforbalans van de bodem in kg/ha STONE 2.0 IN scenario 13 meter profiel

	Maïs	Gras	Bouwland	Natuur	Totaal
1986-2000					
Kunstmest	16	12	19	0	11
Dierlijke excretie	98	53	22	0	32
Gewasafvoer	27	40	27	0	23
Vastlegging	84	23	13	0	18
Uitspoeling	0	0	-1	0	0
Afspoeling	4	2	2	1	2
2016-2030					
Kunstmest	0	0	12	0	3
Bemesting	46	42	25	0	25
Gewasafvoer	26	33	26	0	21
Vastlegging	17	7	9	0	6
Uitspoeling	0	0	-1	0	0
Afspoeling	3	2	2	0	2

Tabel 9-8 Fosforbalans van de bodem STONE 2.0 in kg/ha per grondsoort, IN scenario, 13m profiel, exclusief natuurgronden

IN STONE 2.0	1986-2000			2016-2030		
	Zand	Veen	Klei	Zand	Veen	Klei
Kunstmest	12	15	18	2	2	7
Dierlijke excretie	61	45	34	44	34	29
Gewasafvoer	33	39	33	30	31	29
Vastlegging in bodem	38	15	18	16	0	5
Uitspoeling	0	0	-1	0	0	-1
Afspoeling	2	6	2	1	5	2

10 Discussie en Conclusies

De nadruk in de hier gerapporteerde plausibiliteitsstudie ligt op vaststelling van de geloofwaardigheid, het realiteitsgehalte van getalswaarden en ruimtelijke verdeling van data in STONE, te weten:

Gebruikte invoer

- Arealen per bodem-gewascombinatie;
- Waterbalansen: met name neerslagoverschotten en verdamping;
- Gt-verdelingen;
- Bodembelasting met dierlijke mest en kunstmest;
- Tussenresultaten
- Gewasafvoer in termen van N en P;
- Nutriëntenbalansen: met name ophoping en uitputting van organische pools en denitrificatie;
- Eindresultaten
- Uitspoeling van nitraat naar het bovenste grondwater;
- Belasting van het oppervlaktewater met N en P.

De Plausibiliteit van STONE kan niet losgezien worden van het toepassingsdoel van STONE, dit toepassingsdoel is meerledig:

STONE is bedoeld voor evaluatie van effecten van het Landbouw en Milieubeleid op nationale, en sub-nationale schaalniveaus, ten aanzien van de uitspoeling van N en P naar het grondwater en de diffuse belasting door N en P van het oppervlaktewater, met accent op landbouwkundige bronnen (dierlijke mest en kunstmest). STONE kan onder andere gebruikt worden voor de berekening van (1) ruimtelijk beelden van N- en P- concentraties en fluxen in bodem, bovenste grondwater en afvoer naar oppervlaktewater, (2) stofbalansen op landelijke en sub-landelijk schaalniveaus, (3) arealen en ruimtelijke beelden van overschrijding van concentratienormen of reductiedoelstellingen. Bovendien kunnen ingevoerde scenario's gemanipuleerd worden ten aanzien van bijvoorbeeld de ruimtelijke verdelingen van dieraantallen, emissie-reductiemaatregelen, mesttransport etc. ten behoeve van beleidsoptimalisatie.

Bovenstaande refereert met name naar toepassing van STONE als instrument voor scenariostudies. Daarnaast berekent STONE ook standaard de bemesting en de effecten hiervan op grond en oppervlaktewater tussen 1985 en 2000. Wat betreft bemesting reproduceert het model de geregistreerde mesthistorie (Meitellingen, Mest en Ammoniak Model, en dergelijke). En wat betreft effecten op grond en oppervlaktewater fungeert het als een soort ruimtelijk en temporeel interpolatiemodel van de beperkte waarnemingen in locatiestudies en landelijke (en/of regionale) meetprogramma's (Mestmeetnet, Enquête Commissie Integraal Waterbeheer, deelstudies Schuitenbeek, Bergambacht, en dergelijke).

STONE is in eerste instantie ontwikkeld voor de verkenning van milieueffecten van bemesting voor het landelijke schaalniveau en daarvan afgeleide (LEI (N=31) en provincies (N=12)) schaalniveaus. De huidige opzet van STONE is gericht op berekening van langjarige of gestandaardiseerde trends (bijvoorbeeld voor een referentie weerjaar, of een lopend gemiddelde).

Daarnaast is er ook een vraag naar meer ruimtelijk gedetailleerde uitvoer (Stroomgebied, Gemeente, Intrekgebied waterwinning) en temporeel gedetailleerde uitvoer (2003 als ijkjaar voor het nieuwe mestbeleid, 4 jaar prognoses ten behoeve van de Milieubalans). De detaillering van de plot-benadering (ruim 6400) en de temporele schematisatie (decade) biedt ruimte en perspectief voor gebruik van meer gedetailleerde uitvoer.

Het huidige rapport toetst nog maar beperkt op LEI-niveau (met name bemesting) en nauwelijks op deelgebieden niveau (alleen ten aanzien van de belasting van oppervlaktewater). Toetsing op plausibiliteit van STONE voor specifieke jaren of perioden binnen het jaar vindt ook zeer beperkt plaats.

Beoordeling van plausibiliteit op het sub-landelijk schaalniveau is met name onderwerp van studie in het op onderhavig studie aansluitende STONE-deelproject "*Toetsing van STONE aan meetgegevens*".

De conclusies ten aanzien van plausibiliteit van STONE 2.0 op basis van deze studie kunnen in drie categorieën worden onderverdeeld, waarbij de doelstelling van de studie vooral gericht was op vergelijking van STONE versies 2.0 en 1.3.

- 1) Plausibiliteit STONE 2.0 *ten opzichte van* STONE 1.3
 - 2) Plausibiliteit van STONE 2.0 als historisch repro- / interpolatiemodel.
 - 3) Plausibiliteit van STONE als prognose-instrument.
-
- 1) De conclusies ten aanzien van plausibiliteit van STONE 2.0 in deze studie hebben in eerste instantie betrekking op de plausibiliteit van STONE 2.0 *ten opzichte van* STONE 1.3; de versie die ingezet is voor de 5e Milieuverkenning ter evaluatie (verkenning) van de effecten van het nieuwe mestbeleid (IAM) voor de periode 2000-2030.
 - a) De schematisatie is beter: door gebruik van een fijnere plotindeling (GONAT) is er minder informatieverlies bij de omwerking naar invoergegevens voor STONE 2.0. Bovendien is een deel van de basisgegevens geactualiseerd ten opzichte van STONE 1.3.
 - b) Er is een betere overeenstemming tussen bodem-gewasarealen per LEI-gebied met STONE 2.0 dan met STONE 1.3.
 - c) De berekende neerslagoverschotten wijken minder af van waarden zoals bepaald in de HELP-studie.
 - d) Er zijn nu betere, zij het globale, noties ten aanzien de plausibiliteit van waterbalansen: verdamping voor grasland (Hupsel) is plausibel en echter voor akkerbouw (Rottegatpolder) te laag.
 - e) De berekende toename van het areaal droge Gt ten opzichte van de verouderde Gt-kaart stemt goed overeen met de Landelijke Steekproef. In tegenstelling tot STONE 1.3 verdwijnen kleine, met name natte Gt-arealen niet meer door een te grove plotschematisatie.

- f) CLEAN tussenresultaten ten aanzien van historische kunstmest en dierlijke mestgiften en verdeling per LEI gebied zijn vergeleken met MAM-berekeningen en CBS-data. Op landelijke schaal is de overeenkomst tussen 1986 en 2000 redelijk. Verschillen betreffen vooral dierlijke mest en worden veroorzaakt door het geringe aantal ingevoerde steekjaren en de CLEAN-aanname dat in 1997 volgens de norm wordt bemest. Hierdoor is de N-gift uit dierlijke mest in CLEAN 20% lager dan in MAM. Op de schaal van LEI-regio zijn er meer systematische verschillen voor met name de overschotgebieden.
 - g) De stikstofafvoer door grasland in STONE 1.3 was groter dan 450 kg/ha en daarmee 75 kg/ha hoger dan referentiewaarden. In STONE 2.0 is de gemiddelde afvoer 390 kg/ha en dus meer realistisch.
 - h) In STONE 1.3 was er grote onzekerheid over de sterke nalevering van ongeveer 50 kg/ha/a van stikstof uit de organische bodemvoorraad, welke een relevante invloed had op de berekende uitspoeling en de respons op het mestbeleid. In STONE 2.0 is de netto nalevering omgeslagen naar een netto vastlegging van ongeveer 50 kg/ha/a, sterk gedomineerd door bodemgebruik grasland. Onze indruk is echter dat de sterke vastlegging onder grasland in de orde van 100 kg/ha/a een overschatting is.
 - i) De met STONE 1.3 berekende afspoelingsconcentraties van N en P waren 25% lager dan oppervlaktewaterconcentraties gemeten in enkele deelgebied studies en dan schattingen uit de WSV-studie. Vooraf werd verwacht dat STONE 30-50% hogere concentraties berekent, in verband met het niet beschouwen van N-en P-retentie in water en waterbodem. STONE 2.0 resultaten zijn voor het eerst, zij het indicatief, vergeleken met gegevens uit de landelijke enquête van de Commissie Integraal Waterbeheer (CIW) en liggen gemiddeld 60% hoger dan deze metingen. Dit resultaat is bemoedigend. Echter de vergelijking van STONE 2.0 met de deelgebiedresultaten liet een factor 2-3 overschatting zien. Door verder onderzoek naar (a) de vergelijkbaarheid van afspoelingsconcentraties met oppervlaktewaterconcentraties en (b) de representativiteit van een aantal deelgebiedstudies kan inzicht in de plausibiliteit van de afspoelingsresultaten verder vergroot worden.
- 2) De plausibiliteit van STONE 2.0 kan in meer absolute zin beoordeeld worden door vergelijking van modelresultaten met resultaten van monitoring van bemesting en milieukwaliteit in de periode 1986-2000, en met eerder landsdekkende modelstudies zoals de Waterysteemverkenningen. Na vaststelling van goede overeenkomst kan het gebruik van STONE als diagnosemodel voor het reproduceren en interpoleren van waarnemingen beoordeeld worden.
- a) Landelijk gemiddelde uitspraken gebaseerd op STONE 2.0 (landsdekkend of specifieke uitsnedes van bodemgebruik, bodemtype en grondwatertrap) over trends in de nitraatconcentraties in grondwater of het areaal met grondwaterconcentraties boven nitraatdoelstelling van 50 mg/l, komen beter overeen met het mestmeetnet dan STONE 1.3, doordat in STONE 2.0 kleine arealen van specifieke combinaties van bodemtype, bodemgebruik en grondwatertrap niet weggeschematiseerd worden; dit geldt met name voor natte grondwatertrappen. Voorwaarde voor een goede overeenkomst tussen nitraatconcentraties uit STONE 2.0 en het mestmeetnet, is beschouwing van alleen modelresultaten voor droge zandgronden (d.w.z. met een GHG dieper

- dan 40 cm beneden maaiveld), in overeenstemming met de meetlocatiekeuze in het mestmeetnet (Gt IV, VI en VII). Dit in tegenstelling tot STONE 1.3 waar een goede overeenkomst tussen mestmeetnet en berekende nitraatconcentraties voor het totale areaal landbouw op zand. Ook komen nitraatuitspoelingsresultaten uit STONE 2.0 beter overeen met recente resultaten van landsdekkende toepassingen van de modellen NLOAD en NVERLIES, dan die uit STONE 1.3.
- b) Landelijk gemiddelde uitspraken (landsdekkend of specifieke uitsnedes van bodemgebruik, bodemtype en grondwatertrap) over trends en niveaus van N-belasting van oppervlaktewater gebaseerd op STONE 2.0 komen beter overeen met resultaten uit 1996 van de Watersysteemverkenningen dan die gebaseerd op STONE 1.3; de overeenkomst voor P-belasting is vergelijkbaar. De extra toets aan de CIW data is slechts een eerste aanzet tot toetsing op landelijk schaalniveau, maar draagt toch belangrijk bij aan de betere beoordeling van plausibiliteit. De vergelijkbaarheid van met STONE berekende N- en P-concentraties in oppervlaktewater en de puntwaarnemingen in CIW is discutabel ondermeer in verband met mogelijk bovenstroomse beïnvloeding. Er is nog geen afdoende verklaring voor de aanzienlijke overschatting in STONE 2.0 van oppervlaktewaterconcentraties in een aantal deelgebieden.
- 3) Deze studie levert beperkte inzichten ten aanzien van de plausibiliteit van STONE 2.0 als instrument voor prognose. De potentie van gebruik van STONE 2.0 als prognose instrument of ten behoeve van scenarioverkenningen is groot. Het voorbereiden, uitvoeren en nabewerken van STONE 2.0 toepassingen kan nu door de recente ervaringen snel en efficiënt uitgevoerd worden. Echter iedere specifieke toepassing zal zowel wat betreft haalbaarheid, specifieke toepassingsprocedure en beoordeling en interpretatie van resultaten bij voorkeur breed teruggekoppeld moeten worden met materiedeskundigen en deelmodule-ontwikkelaars.

Tabel 10-1 Beoordeling plausibiliteit STONE voor toepassing als historisch repro- / interpolatiemodel

	Landelijk	LEI – Provincies	Gebieden
Dierlijke mest N	Redelijk: CLEAN onderschat MAM/CBS 10-20% door aannahme van handhaving MINAS	Matige overeenkomst met CBS	
Dierlijke mest P	Goed. CLEAN onderschat MAM 10%	Matige overeenkomst meet CBS	
Kunstmest N	Goede match met CBS en MAM		
Kunstmest P	Goede match met CBS en MAM		
Atmosf. Depositie N			
Gewasafvoer N	Goede match ANIMO-Quadmod en CLEAN benadering (ruwvoerbilans). Matig w.b. jaar-jaar verschillen		
Gewasafvoer P			
Mate P-verzadiging			
Areaal P-verzadigd			
Nitraat bovenste grondwater <ul style="list-style-type: none"> • Landbouw • Natuur 	Match mest- bosmeetnet Goed zandgebied Goed (m.n bos)	Onbekend Onbekend	
Areaal > 50 mg/l			
N-belasting diep grondwater			
N-belasting regionale oppervlaktewater	Gem. Conc. in toevoer 50% hoger dan in opp. Water (CIW selectie landbouw beinvl.)		
P-belasting regionale oppervlaktewater	Gem. Conc. in toevoer 50% hoger dan in opp. Water (CIW selectie landbouw beinvl.)		Sterke overschatting Schuitenbeek, Bergambacht
Stikstofbalans	Te sterke ophoping onder grasland, veengronden niet plausibel		
Fosforbalans			

Literatuur

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

Beusen, A.H.W. en G.B.J. Overbeek (2001). Aanpassing grasarealen in de STONE schematisatie. RIVM-CIM notitie.

Blom, J.C., H. Leneman, M.M. van Eerdt, H.G. van der Meer, H.J. Westhoek, J. Janssen, I.G.A.M. Noij, N.J.P. Hoogervorst, O.M. Knol (1999). STONE Werkgroep Mestverdeling. Den Haag: LEI.

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

Bresser, A.H.M., P.M. van Egmond, B.Fraters, N.J.P. Hoogervorst, L. van Liere, J.H.C. Mülschlegel, W.J.Willems en P.C.M.Boers (1999). Milieugevolgen van het aanvullend stikstofbeleid. RIVM Rapport 718201001, Bilthoven.

CIW (2000). Voortgangsrapport van het waterbeheer in Nederland. Commissie Integraal Waterbeheer, Den Haag.

Drecht, G. van en E. Scheper (1998). Actualisering van model NLOAD voor de nitraatuitspoeling van landbouwgronden, beschrijving van model en GIS-omgeving. RIVM rapport 711501002, Bilthoven.

Fraters, B., H.A. Vissenberg, L.J.M. Boumans, T. de Haan en D.W. de Hoop (1997). Resultaten meetprogramma kwaliteit bovenste grondwater landbouwbedrijven in het zandgebied (MKBGL-zand) 1992-1995. RIVM rapport 714801014, Bilthoven.

Groenendijk, P. en H.P. Oosterom (2001-1). Implementatie van QUADMOD voor gewasopname in STONE. notitie Alterra, Wageningen

Groenendijk, P. en H.P. Oosterom (2001-2). Verkenning van de parameterinstelling van de organische stof kringloop in STONE-ANIMO. notitie Alterra, Wageningen

Kroes, J.G., P.J.T. van Bakel, J. Huygen en T. Kroon (2001). Actualisatie van de hydrologie van STONE 2.0. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra rapport 298. In voorbereiding.

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

Kroon, T en Huygen, J. (2001). Reparaties van plots waar de grondwaterstand onder de kolom uitzakt. notitie, RIZA.

Leneman, H, D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek en P.H.M. Janssen (1998). Gevoeligheidsanalyse berekening ammoniakemissies; effecten van variatie in penetratiegraden en emissiefactoren op de ammoniakemissie. Den Haag: LEI-DLO en RIVM; Mededeling 602, pp.58.

Luesink H.H. en M.Q. van der Veen (1989). Twee modellen voor de economische evaluatie van de mestproblematiek. Den Haag: LEI onderzoeksverslag 47.

Mooren, M.A.M. en N.J.P. Hoogervorst (1993). Het RIVM landbouwmodel; deel 1: modelstructuur, versie 1.0.

Oosterom, H.P., P. Goenendijk, P en J. Roelsma (2001). Resultaten initialisatie STONE 2.0. Alterra notitie.

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

Ruijgh, E.F.W. (1999). Vergelijking van resultaten CLEAN met MEST-WSV, WL/Delft Hydraulics, April 1999

Rijtema, P.E., 1969. *Soil moisture forecasting*. Nota 513. ICW, Wageningen.

Tol, S. van, en G.J. van den Born (2001-1). CLEAN 2, het RIVM landbouwmodel. Deelrapport Modelstructuur, RIVM rapport (draft, 3/5/01 in de ronde voor commentaar)

Tol, S. van, en G.J. van den Born (2001-2) CLEAN 2, het RIVM landbouwmodel. Gebruikers handleiding (in voorbereiding)

Werkgroep HELP (1987). Invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie. Rapport van de werkgroep HELP-tabel. Meded. Landinrichtingsdienst nr 176, Utrecht.

Willems, O. (1999). CLEAN Design document. RIVM-LAE interne nota.

Willems, W.J., T.V. Vellinga, O.Oenema, J.J. Schröder, H.G. van der Meer, B.Fraters en H.F.M. Aarts (2000). Onderbouwing van het Nederlandse derogatieverzoek in het kader van de Europese Nitraatrichtlijn. RIVM rapport 718201002, Bilthoven.

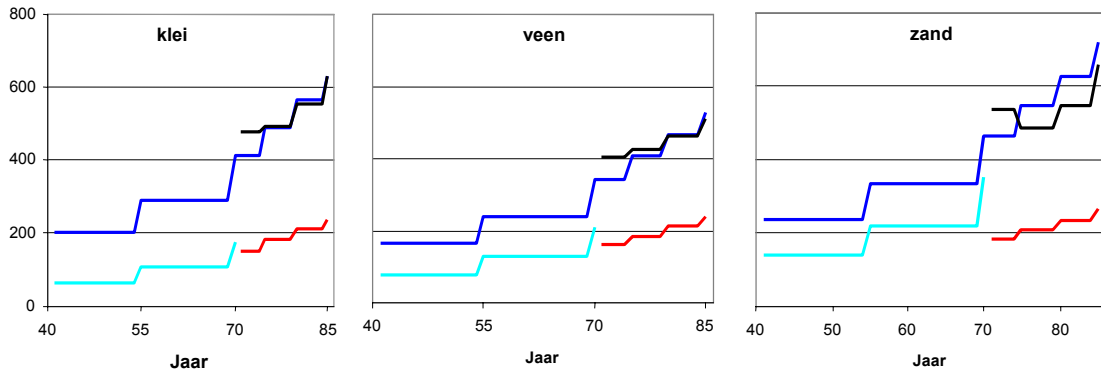
Bijlage 1 CLEAN versus CBS

Vergelijking van de verdeling van dierlijke mest CLEAN en CBS-statistieken 1997 per mestregio in miljoenen kg

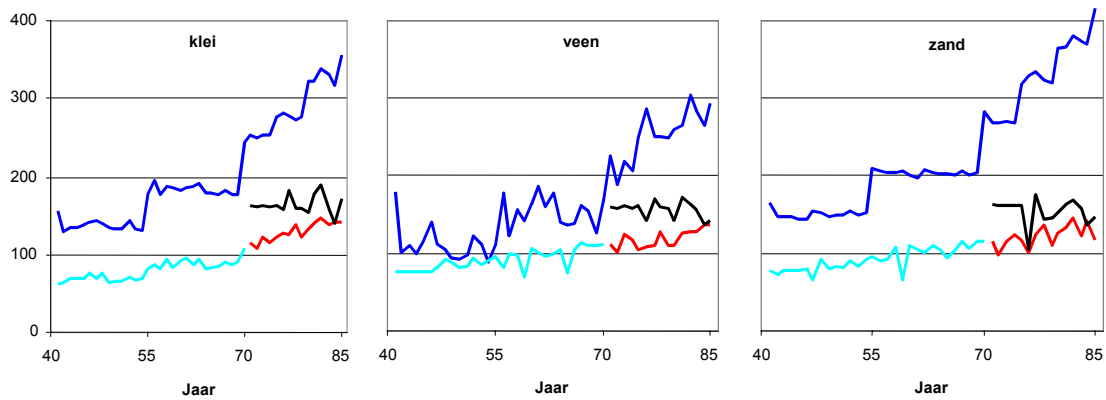
Mestregio	Totaal N CBS	Totaal N CLEAN	Totaal P2O5 CBS	Totaal P2O5 CLEAN
Achterhoek e.o	44	32	16	12
Betuwe e.o.	21	18	7	6
De Wouden	25	22	7	7
Drenthe, excl. Veenkolonien	24	25	8	10
Flevopolders	4	7	1	3
Groningen	22	24	7	10
Maask. Meijerij	37	24	15	9
Noord en Oost Veluwe	12	10	4	3
Noord Friesland	11	11	3	4
Noord Limburg, Maasvlakte	9	8	4	4
Noord Noord-Holland	19	18	5	6
Noord Oost Polder	2	5	1	2
Noord Overijssel	25	23	8	8
Oost Utrecht	9	6	3	2
Oostelijke Kempen	17	9	7	4
Peel, Land van Cuyk	34	19	14	8
Salland Twente e.o.	52	38	19	13
Veenkolonien Drenthe	4	9	1	5
Walcheren, Noord-Beveland, Schouwen Duivenland	2	5	1	3
West Noord Limburg	24	14	11	8
West Noord-Brabant	13	17	4	8
West Utrecht	16	14	5	5
West Veluwe	24	9	10	3
Westelijke Kempen	19	11	7	4
Zeeklei van Zuid-Holland	3	10	1	5
Zeeuwsch Vlaanderen	2	5	1	4
Zuid Limburg	6	6	2	2
Zuid Noord-Holland	3	3	1	1
Zuid-Beveland, Tholen, St.Philipsland	2	5	1	3
Zuid-Holland, excl. zeeklei	24	22	7	8
Zuid-West Friesland	25	22	7	7
Nederland	536	452	190	177

Bijlage 2 Initialisatiefiguren

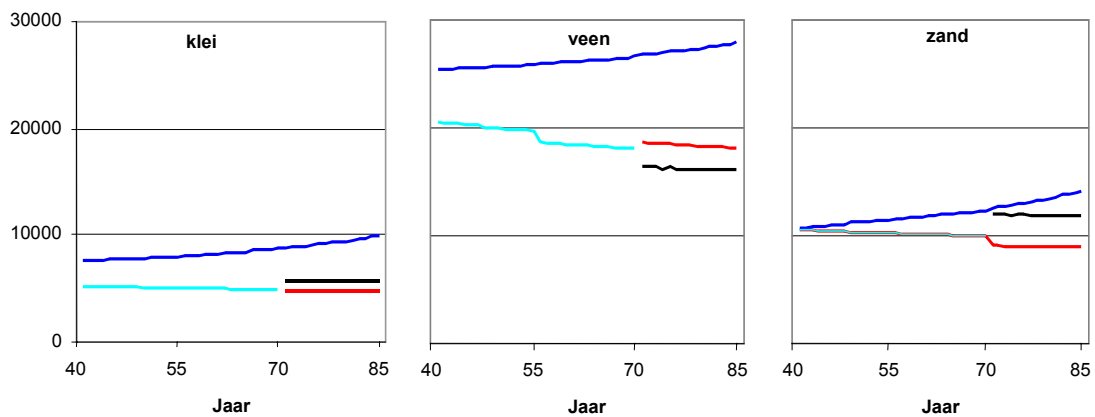
Historisch verloop van de de N-bemesting, netto N-opname, N-accumulatie, P-bemesting, netto P-opname en P-accumulatie (maaiveld-wortelzone) voor de 3 grondsoorten bij verschillend bodemgebruik.



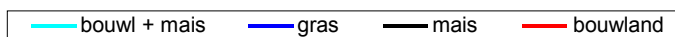
Stikstofbemesting (kg/ha N)

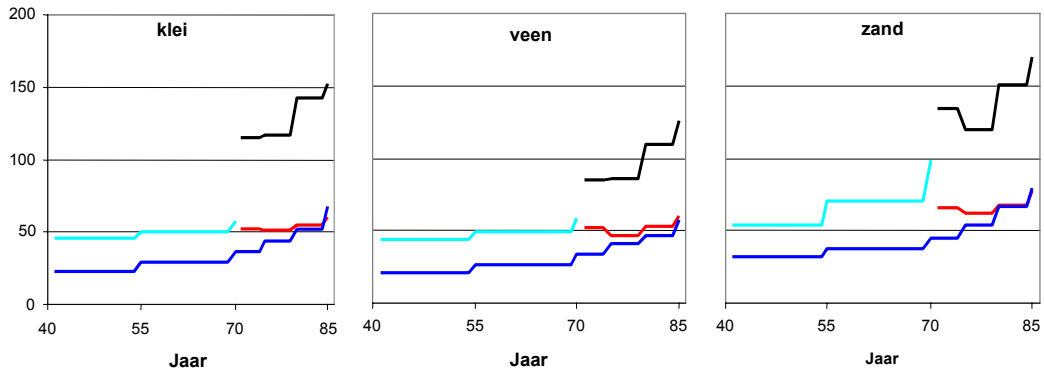


Stikstofopname (kg/ha N)

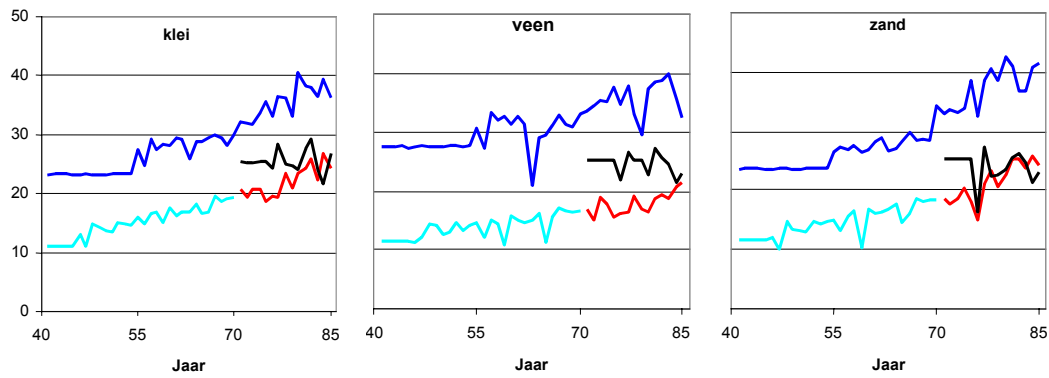


Stikstofaccumulatie (kg/ha N)

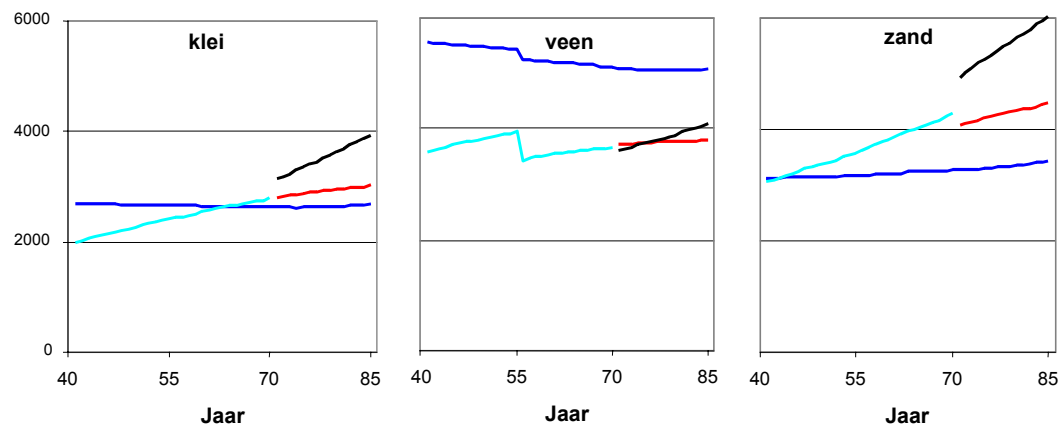




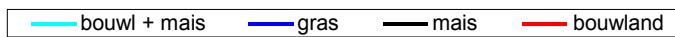
Fosforbemesting (kg/ha P)



Fosforopname (kg/ha P)



Fosforaccumulatie (kg/ha P)



Bijlage 3 Verzendlijst

- 1 J.A. Suurland
- 2 H.A.P.M. Pont
- 3 O.Oenema – Alterra, Wageningen
- 4 J. Steenvoorde – Alterra, Wageningen
- 5 M. Hostra – RIZA, Lelystad
- 6 P.C.M. Boers – RIZA, Lelystad (auteur)
- 7 P. Groenendijk – Alterra, Wageningen (auteur)
- 8 T. Kroon – RIZA, Lelystad (auteur)
- 9 H.G. van der Meer – Plant Research International, Wageningen (auteur)
- 10 H.P. Oosterom – Alterra, Wageningen (auteur)
- 11 J. Roelsma – Alterra, Wageningen (auteur)
- 12 C.W.J. Roest – Alterra, Wageningen (auteur)
- 13 R. Rötter – Alterra, Wageningen (auteur)
- 14 W. de Vries - Alterra, Wageningen
- 15 Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie
- 16 N.D. van Egmond
- 17 F. Langeweg
- 18 R. van den Berg
- 19 A.H.M. Bresser
- 20 H. Westhoek
- 21 H. van Zeijts
- 22 W.J. Willems
- 23 B.J. de Haan
- 24 G.B.J. Overbeek (auteur)
- 25 P.J.T.M. van Puijenbroek (auteur)
- 26 J.J.M. van Grinsven (auteur)
- 27 A. Tiktak (auteur)
- 28 S. van Tol (auteur)
- 29 A.H.W. Beusen (auteur)
- 30 G.J. van den Born (auteur)
- 31 SBD/Voorlichting & Public Relations
- 32 Bureau Rapportenregistratie
- 33 Bibliotheek RIVM
- 32-42 Bureau Rapportenbeheer
- 42-60 Reserve exemplaren