

Meststofgebruiksruimte in relatie tot opbrengstniveaus, mestsoort en rijenbemesting

Verkenning van equivalente maatregelen met het WOG 2.0 rekenmodel

J.J. Schröder¹
J.J. de Haan²
J.R. van der Schoot²

¹ Plant Research International Wageningen UR

² Praktijkonderzoek Plant en Omgeving Wageningen UR

© 2015 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 638

Projectnummer: 3750 3029 00

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 16, 6700 AA Wageningen
: Droevendaalsesteeg 1, 6708 PB Wageningen
Tel. : +31 317 486 001
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Postbus 430, 8200 AK Lelystad
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad
Tel. : +31 320 291 111
Fax : +31 320 230 479
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Voorwoord

In het 5e Nederlandse Actieprogramma Europese Nitraatrichtlijn wordt telers ruimte gegeven om maatregelen te nemen die een afwijken van de generiek voorgeschreven maatregelen mits die eenzelfde of beter milieuresultaat geven. Eén van de eisen die aan dit soort 'equivalente maatregelen' gesteld wordt, is dat hun milieukundig effect kwantificeerbaar moet zijn via onderbouwde rekenregels. Tegen die achtergrond heeft LTO aan Wageningen UR gevraagd om een aantal maatregelen modelmatig door te rekenen. De uitkomsten daarvan alsmede een beschrijving van het gebruikte model, WOG 2.0, is weergegeven in het onderhavige rapport. Wij danken Mark Heijmans en Harry Kager voor het specificeren van de wensen die LTO heeft ten aanzien van aspecten die het model zou moeten kunnen berekenen en het commentaar dat ze op een eerdere versie van dit rapport gaven.

De auteurs

Samenvatting

De verliezen van stikstof (N) naar grond- en oppervlaktewater worden, onder meer, bepaald door de mate waarin de aanvoer van N naar een akker hoger is dan de afvoer van N vanaf die akker. Het verschil tussen die twee hangt af van de hoeveelheid door het gewas onttrokken nutriënten, de hoeveelheid en aard van de gebruikte meststoffen, het tijdstip en de wijze van toediening van meststoffen, het betreffende gewas en de oogstwijze, het bouwplan en de lokale bodem-, weer- en beheeromstandigheden. Om verliezen een bepaald niveau niet te laten overstijgen, zijn gebruiksnormen voor N en fosfaat (P) ingesteld. Die gebruiksnormen zijn in een aantal gevallen lager dan het landbouwkundige advies. Het stelsel van gebruiksnormen gaat uit van min of meer gemiddelde omstandigheden qua bouwplan, wijze van bemesting en opbrengst, en beoogt op een relatief grote ruimtelijke schaal (sector, regio) aan doelen voor N-uitspoeling en P-evenwicht te voldoen. Gebruiksnormen zijn daarom landbouwkundig onnodig streng op het ene bedrijf en milieukundig onvoldoende stringent op het andere bedrijf. In het 5e Actieprogramma Nitraatrichtlijn wordt aan telers de mogelijkheid gegeven zogenaamde equivalente maatregelen te formuleren en te nemen. Dat zijn maatregelen die het mogelijk maken om af te wijken van de generieke gebruiksnormen maar milieukundig een even goed resultaat opleveren. Dit biedt de mogelijkheid om telers te belonen als zij effectieve alternatieve maatregelen nemen.

LTO Nederland heeft Wageningen-UR gevraagd met een aangepast WOG-WOD model de volgende maatregelen door te rekenen: een hogere dan gemiddelde opbrengst, wijziging van het mestgebruik, rijenbemesting en toepassen van bodemverbeteraars. In dit rapport wordt weergegeven welke verandering in gebruiksrimte deze maatregelen opleveren bij een gelijkblijvend milieuresultaat.

Uit de in dit rapport beschreven analyses blijkt dat, uitgaande van dezelfde N-uitspoeling, een afwijking van de gemiddelde opbrengst effect heeft op de mogelijke N-gebruiksnorm. Die N-gebruiksnorm heeft op zijn beurt effect op de opbrengst en, in verband daarmee, de P-onttrekking (Tabel S1).

Vanuit de voorgaande optiek is ook nagegaan bij welke gewassen de gemiddelde opbrengsten tussen het jaar waarin de gebruiksnormen zijn vastgesteld (2002 voor klei, 2006 voor zand en löss) en heden aanwijsbaar zijn gestegen. Uit die analyse blijkt dat dit het geval is voor met name snijmaïs, suikerbieten, consumptieaardappelen op lössgrond, uien, prei, spinazie en andijvie. Aannemende dat als gevolg hiervan de N-afvoer in gelijke mate is toegenomen, rechtvaardigt dat een stijging van de N-gebruiksnorm bij genoemde gewassen met 10-40 kg N per ha (Tabel S2). Voor een aantal boomkwekerijgewassen is de opbrengst ook gestegen, echter bij het opstellen van dit rapport waren de benodigde gegevens rond opbrengsten en N- en P-gehalten van deze gewassen nog niet voorhanden.

Overigens blijken alleen de typerende bouwplannen in het Centrale Zeekleigebied en het Zuidwestelijk Zeekleigebied bij gemiddelde tegenwoordige opbrengsten meer P te onttrekken dan de huidige P-gebruiksnorm bij de fosfaattoestand 'voldoende'. Bij afwijkende bouwplannen, opbrengsten en gehalten zal dat anders liggen.

Tabel S1: Berekende aanpassing (toe- dan wel afname) van de gewasspecifieke N-gebruiksnorm bij wijziging van de vers-opbrengst van een gewas ten opzichte van het regiogemiddelde, onder voorwaarde dat de nitraatconcentratie op bedrijfsniveau gelijk dient te blijven, en het bijbehorend berekend effect op de P-onttrekking.

Gewas	Eenheid	Effect op:	
		N-gebruiksnorm van het gewas (kg N/ha)	P-onttrekking van het gewas (kg P ₂ O ₅ /ha)
Pootaardappel	Per 10 ton	30	11
Consumptie- en fabrieksaardappel	Per 10 ton	33	11
Suikerbieten	Per 10 ton	18	9
Wintertarwe	Per ton	20	8
Zomergerst	Per ton	15	8
Snijmaïs	Per 10 ton	43	15
Bloemkool	Per ton	2.6	0.9
	Per 1000 stuks	3.4	1.2
Broccoli	Per ton	4.7	1.3
	Per 1000 stuks	1.6	0.5
Winter- en waspeen	Per ton	1.5	0.7
Zaaiuien	Per ton	2.2	0.7
Sla	Per ton	1.5	0.5
	Per 1000 stuks	1.1	0.4
Prei	Per ton	3.0	0.9
Spinazie	Per ton	3.5	0.9
Andijvie	Per ton	2.5	0.7

*zie voor overige gewassen Tabel 10.

Tabel S2: Berekende aanpassing (toe- dan wel afname) van de gewasspecifieke N-gebruiksnorm (kg N per ha per jaar) als gevolg van autonome verandering van de gemiddelde versopbrengst tussen het jaar waarin de N-gebruiksnorm is vastgesteld en huidige opbrengsten.

Gewas	Grondsoort:	
	Kleigrond	Zand- en lössgrond
Wintertarwe	+6	-2
Zomergerst	-2	+2
Snijmais		+37
Suikerbieten	+29	+12
Consumptieaardappelen	0	+20
Fabrieksaardappelen		-7
Pootaardappelen	-2	
Zaaiuien	+20	
Broccoli	+3	+3
Bloemkool	0	
Prei		+30
Spinazie		+44
Andijvie		0
Sla		+12

Uit berekeningen blijkt dat ook de aard en de toedieningswijze van meststoffen effect heeft op de hoeveelheid N en P die binnen een bepaald N-uitspoelingsdoel gegeven kan worden. Naarmate de bemesting plaatsvindt met meststoffen met een hoger aandeel organisch gebonden N, kan minder N gegeven worden. Als gevolg daarvan blijkt volledige vervanging van varkensdrijfmest door minerale N (KAS, AN, mineralenconcentraat) een verruiming van de N-gebruiksnorm per ha bedrijfsoppervlakte te kunnen geven van circa 43 kg N per ha op klei-akkerbouwbedrijven, circa 26 kg N per ha op zand- en löss-akkerbouwbedrijven, en 37 kg N per ha op vollegrondsgroentebedrijven. Een verruimde N-bemesting verhoogt de opbrengsten, in verband daarmee, ook de berekende P-onttrekking met 1-6 kg P_2O_5 per ha bedrijfsoppervlakte.

Toediening van mest via rijenbemesting kan bij teelten op ruime rijafstand een verbetering van de N-benutting geven. Effecten van rijenbemesting zijn groter naarmate de N-gebruiksnorm sterker afwijkt van het landbouwkundige N-advies, zoals in het Zuidoostelijke Zand- en Lössgebied. Met deze techniek bestaan vooralsnog alleen bij snijmais gedocumenteerde positieve ervaringen. Bij suikerbieten en broccoli bleek de vervanging van volveldse toediening door rijenbemesting geen effect op het N-overschot te hebben en dus ook niet op de N-uitspoeling. Uit berekeningen blijkt dat in mais vervanging van volveldse kunstmest en geïnjecteerde mest door rijenbemesting, de bestaande gebruiksnorm van 112 kg N per ha met 17-47 kg N per ha maisland kan verruimen zonder een nadelig effect op de N-uitspoeling. De ondergrens geldt voor situaties waarin snijmais vooral met dierlijke mest bemest wordt, de bovengrens voor situaties waarin niet meer dan de helft van werkzame N uit mest afkomstig is.

Het effect van de toepassing van bodemverbeteraars op de stikstofuitspoeling en hoogte van de gebruiksnorm kan niet berekend worden omdat onvoldoende gegevens direct voorhanden zijn. Een vooronderzoek is nodig om de werking te schatten.

Vertaling van de genoemde cijferingen naar uitvoerbare 'equivalente maatregelen' vergt nog wel nadrukkelijke aandacht voor een aantal aspecten om te kunnen voldoen aan de in het 5e Actieprogramma genoemde voorwaarde dat het milieuresultaat minstens even goed moet zijn. Vanuit die optiek gaat het rapport nader in op mogelijke uitwerkingen van naar opbrengstniveau gedifferentieerde normen en de te hanteren referentie bij het vaststellen van situaties waarin maatregelen deels al verrekend zijn bij het tot

stand komen van het actieprogramma.

De besproken cijfers zijn gebaseerd op modelberekeningen. De rekenregels van dat model stemmen evenwel op veldproeven en op metingen op praktijkbedrijven. Omwille van de onderbouwing is een beschrijving van het model en de uitgangspunten in dit rapport opgenomen.

Inhoudsopgave

	pagina
VOORWOORD	3
SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	11
1.1 Equivalente maatregelen	11
1.2 Leeswijzer.....	11
2 MAATREGELEN.....	13
2.1 Opbrengsteffecten	13
2.2 Mestsoorteffecten	17
2.3 Rijenbemestingseffecten	19
3 DISCUSSIE	22
3.1 Tweezijdige differentiatie	22
3.2 Referentie	22
3.3 Overschot is overschot?	23
3.4 Overige maatregelen.....	23
3.5 Bodemverbeteraars	24
3.6 Organische stof	25
4 OPBOUW VAN HET GEBRUIKTE MODEL	26
4.1 Inleiding	26
4.2 Verschillen en overeenkomsten tussen WOG-WOD en WOG 2.0.....	27
4.3 Rekenregels	30
4.3.1 Opgavemodule	30
4.3.1.1 Nutriëntenoverschot en nitraatconcentratie	30
4.3.1.2 Effectieve organische stof	31
4.3.1.3 Gebruiksnormen	31
4.3.2 Prognosemodule	35
5 LITERATUUR.....	37
BIJLAGE 1 KARAKTERISERING BEDRIJVEN	39
BIJLAGE 2. OPBRENGSTEN EN GEHALTEN VAN SNIJMAÏS EN KORRELMAÏS.....	44

1 Inleiding

1.1 Equivalente maatregelen

Het Nederlandse 5e Actieprogramma inzake de Europese Nitraatrichtlijn (2014-2017) geeft een verdere beperking van het gebruik van stikstof (N) en fosfaat (P) meststoffen. Het Ministerie van Economische Zaken heeft in het Actieprogramma echter de mogelijkheid geschapen voor het formuleren en toepassen van equivalente maatregelen. Equivalente maatregelen zijn (een set van) alternatieven voor de maatregelen uit het Actieprogramma die minimaal eenzelfde milieuresultaat opleveren. Equivalente maatregelen moeten op basis van voorafgaand onderzoek aantoonbaar werkzaam zijn, hun inzet moet controleerbaar zijn, het milieuresultaat moet meetbaar zijn en er mag geen afwenteling van de milieulast plaats vinden in ruimte (naar andere bedrijven, sectoren, regio's) of tijd (naar de toekomst).

In technische zin zijn maatregelen pas dan equivalent als ze een daling van het N- en P-bodemoverschot geven (dus een daling in aanvoer en/of een stijging in de af aanvoer geven) en/of een daling geven van de fractie van het overschot dat uitspoelt naar het grondwater (uitspoelfractie). Deze dalingen in overschot en/of uitspoelfractie kunnen omgezet worden in extra aanvoer van N of P waarbij het uiteindelijke milieuresultaat op zijn minst niet verslechtert ten opzichte van hetgeen de generieke maatregelen uit het Actieprogramma verwezenlijken.

LTO Nederland heeft Wageningen UR gevraagd de equivalentie van de volgende maatregelen te becijferen:

- A. Realiseren van hogere opbrengsten
- B. Verwijderen gewasresten
- C. Gebruik mest
- D. Tijdstip uitrijden dierlijke mest
- E. Telen meer groenbemesters
- F. Aanvoeren van bodemverbeteraars
- G. Toediening van (kunst)mest via rijenbemesting

Om deze becijfering snel, reproduceerbaar en gedocumenteerd uit te voeren is een rekenmodel gebruikt.

Dit rapport beperkt zich tot het doorrekenen en rapporteren van maatregelen A, C en G en een gedetailleerde beschrijving van het rekenmodel WOG 2.0. LTO Nederland zal na het verschijnen van dit rapport besluiten met welke prioritering de overige maatregelen moeten worden doorgerekend.

Het rapport volstaat overigens met de technische beoordeling van maatregelen en gaat, zij het in beperkte mate, in op enkele uitvoeringsaspecten. Het rapport behandelt niet de precieze uitwerking in de praktijk, de uitvoerbaarheid, de controleerbaarheid of de mogelijke afwenteling. Keuzes dienaangaande moeten door LTO Nederland en het Ministerie van Economische Zaken gemaakt worden.

Voor de boomkwekerijgewassen ontbraken bij het opstellen van dit rapport de benodigde gegevens rond o.a. opbrengsten en N- en P-gehalten van deze gewassen. Beoordeling van de maatregelen specifiek voor de boomkwekerijgewassen was daarom niet mogelijk.

1.2 Leeswijzer

De volgorde van dit rapport wijkt enigszins af van wat gebruikelijk is. Na deze inleiding volgen namelijk allereerst de uitkomsten van doorgerekende maatregelen (hoofdstuk 2). Vervolgens worden een aantal technische aspecten en uitvoeringsaspecten bediscussieerd (hoofdstuk 3). Pas aan het einde (hoofdstuk 4) wordt ingegaan op de opbouw en uitgangspunten van het gebruikte rekenmodel.

2 Maatregelen

2.1 Opbrengsteffecten

Het WOG 2.0 model neemt aan dat als de opbrengst hoger is, ook de onttrekking navenant hoger is. Vanuit dat gezichtspunt zullen bedrijven met een relatief hoge potentiële opbrengst bij eenzelfde N-gebruiksnorm een lager N-bodemoverschot kunnen realiseren. Vanzelfsprekend geldt ook het omgekeerde.

Met het WOG 2.0 model is allereerst verkend wat de nitraatconcentratie van ontvangend water zou zijn bij toepassing van de in 2015 geldende N-gebruiksnorm en realisatie van een gemiddelde opbrengst. Voor die gemiddelde opbrengst zijn regio-specifieke KWIN-cijfers gehanteerd. Daarbij is uitgegaan van de opbrengstniveaus zoals opgenomen in de KWIN 2012 (Anonymus, 2012). Verder is aangenomen dat de P-voorziening volgens de P-gebruiksnorm plaatsvindt (P-toestand neutraal) en wel op basis van varkensdrijfmest. Omdat het model rekening houdt met de N-levering vanuit gewas- en mestresten alsmede de N-investering door gewas- en mestresten in de bodemvruchtbaarheid, dienen de effecten in het verband van een compleet bouwplan te worden doorgerekend. Daartoe zijn een 9-tal regio-specifieke bouwplannen en bijbehorende opbrengstniveaus en gebruiksnormen aangehouden (Bijlagen 1a-1i) welke zijn gebaseerd op eerdere scenariostudies (Smit, 2003; Schoot, 2004; Dijk, 2007 en Dijk, 2012).

Vervolgens is voor de qua areaal belangrijkste gewassen berekend hoeveel hoger (of lager) het gebruik van kunstmest-N (en dus N-gebruiksnorm) zou mogen zijn bij een gewijzigd opbrengstniveau zonder dat daarbij de nitraatconcentratie verandert. In aanvulling daarop is ook het effect op de fosfaatonttrekking gegeven. Per ton wijziging van de versopbrengst ten opzichte van het regionale gemiddelde, zou de N-gebruiksnorm bij 'natte' gewassen (aardappelen, bieten, groenten) met 2-5 kg N, bij snijmaïs met 7 kg N, en bij granen met circa 20 kg N kunnen toe- of afnemen (Tabel 1). Per ton wijziging van de versopbrengst ten opzichte van het regionale gemiddelde, verandert de P-onttrekking per hectare bedrijfsoppervlakte met 0,1-0,7 kg P_2O_5 bij 'natte' gewassen, met 0,6 kg P_2O_5 bij snijmaïs en met 3-4 kg P_2O_5 bij granen. Voorts moet er op gewezen worden dat de P-onttrekking bij een gemiddelde opbrengst (en afvoer van wintertarwe- en graszaadstro) op de Centrale en op de Zuidwestelijke Zeeklei boven de gebruiksnorm van 60 kg P_2O_5 per ha ligt.

Uit het voorgaande blijkt dat de berekende verandering van de N-gebruiksnorm, uitgedrukt in kilo's N per ton verandering van de versopbrengst, bij een aantal gewassen groter is dan de N-inhoud van een ton versopbrengst volgens de gehaltentabel (Tabel 10). Dit is vooral bij snijmaïs het geval. Dit is niet plausibel en vloeit naar alle waarschijnlijkheid voort uit twee factoren. Om te beginnen heeft het opleggen van een andere haalbare opbrengst dan het gemiddelde, niet alleen invloed op het plafond maar ook op de helling van respons. Dit is een onvermijdelijke bijkomstigheid van het responsmodel dat indertijd gekozen is. Bovendien kan niet worden uitgesloten dat het responsmodel gebaseerd is op opbrengstdata die geflatteerd zijn omdat de desbetreffende gewassen profiteerden van een bovengemiddelde N-depositie en nawerking van voordien gegeven mest. Het is daarom verdedigbaar om niet de berekende effecten zoals vermeld in Tabel 1 te hanteren, maar de gehalten uit Tabel 10 (paragraaf 4.3). Een selectie van die tabel is ook opgenomen in de samenvatting.

De tot voor kort geldende N-gebruiksnormen zijn gebaseerd op berekeningen met het WOG-WOD model waarbij bij kleigrond is uitgegaan van gemiddelde opbrengsten rond 2002 (Dekkers, 2002) en voor zand- en lössgrond van de gemiddelde opbrengsten rond 2006 (Wolf, 2006). Als de gemiddelde opbrengsten tussen die jaren en de jaren voorafgaand aan het huidige jaar systematisch zijn veranderd, kan dat wijzen op een gewijzigde N-onttrekking en N-bodemoverschot. Dat kan in beginsel een rechtvaardiging zijn om de N-gebruiksruimte aan te passen. Tabel 2 geeft een overzicht van de opbrengstontwikkeling bij een aantal belangrijke gewassen. Daaruit blijkt dat de opbrengsten van enkele gewassen gestegen zijn. In combinatie met Tabel 1 laat zich afleiden dat de N-gebruiksnormen om die reden voor aanpassingen in aanmerking komen. Tabel 3 geeft van die denkbare aanpassingen een overzicht.

Tabel 1: Berekende aanpassing (toe- dan wel afname) van de gewasspecifieke N-gebruiksnorm en P-onttrekking bij wijziging van de versopbrengst (ton per ha) van een gewas ten opzichte van het regiogemiddelde, onder voorwaarde dat de nitraatconcentratie op bedrijfsniveau gelijk dient te blijven, en (tussen haken) bijbehorend berekend effect op de P-onttrekking op bedrijfsniveau

Gewas	Regio	Bedrijfsniveau:		Berekende aanpassing per ton wijziging van versopbrengst van:		
		Nitraat (mg/l)	Onttrekking (kg P ₂ O ₅ /ha)	N-gebruiksnorm van betreffend gewas (kg N/ha)	P-onttrekking van betreffende gewas (kg P ₂ O ₅ /ha)	Onttrekking van hele bouwplan (kg P ₂ O ₅ /ha)
Pootaardappel	NZK	49	58	3.1	1.2	(0.4)
	VGG1	97	19	3.3	1.0	(0.2)
Cons. Aard.	CZK	47	65	4.4	1.6	(0.3)
	ZWK	55	64	4.3	1.5	(0.3)
	ZON2	43	51	4.7	1.6	(0.6)
	LÖSS	59	56	4.6	1.6	(0.4)
Fabr. Aard	NON1	76	44	4.9	1.2	(0.6)
Wintertarwe	NZK	49	58	22	10	(4)
	CZK	47	65	21	10	(2)
	ZWK	55	64	22	10	(4)
	LÖSS	59	56	34	13	(3)
Zomergerst	NON1	76	44	18	9	(3)
	LÖSS	59	56	19	14	(3)
Suikerbieten	NZK	49	58	2.2	1.0	(0.2)
	CZK	47	65	2.3	1.5	(0.2)
	ZWK	55	64	2.2	1.5	(0.3)
	LÖSS	59	56	2.2	1.6	(0.3)
	NON1	76	44	2.0	3.0	(0.1)
	ZON2	43	51	2.2	1.2	(0.2)
Snijmaïs	ZON2	43	51	7	2.4	(0.6)
Bloemkool	VGG1	97	19	2.7	1.0	(0.4)
Broccoli	VGG1	97	19	5.0	1.3	(0.5)
	VGG5	79	32	4.5	1.6	(0.2)
Sla	VGG4	95	39	2.6	0.6	(0.2)
Prei	VGG4	95	39	3.9	1.2	(0.4)
	VGG5	79	32	3.9	1.1	(0.7)
Spinazie	VGG4	95	39	4.0	0.9	(0.3)
Andijvie	VGG5	79	32	2.9	0.8	(0.1)

Tabel 2a.: Opbrengsten (ton vers per ha per jaar) in de periode voorafgaand aan 2006 en de periode voorafgaand aan 2015 (bron: KWIN Akkerbouw: Dekkers, 2002, Wolf, 2006 en Anonymus, 2012)

Regio	Periode	Gewas:							
		W. tarwe	Z. gerst	Snijmaïs	Suiker- bieten	Cons. aardap- pelen	Fabrieks- aardap- pelen	Poot- Aardap- pelen	Uien
NZK	2002	8,9			57,1			35,7	58,4
	2006	9,0			65,0			33,0	66,1
	2012	9,2			71,8			35,0	67,0
	2012-2002	0,3			14,7			-0,7	8,6
	2012-2006	0,2			6,8			2,0	0,9
CZK	2002	8,9			65,5	56,8			58,4
	2006	9,0			74,0	57,0			66,1
	2012	9,2			83,1	55,0			67,0
	2012-2002	0,3			17,6	-1,6			8,6
	2012-2006	0,2			9,1	2,0			0,9
ZWK	2002	8,9			59,6	48,6			46,4
	2006	9,0			68,0	49,0			52,4
	2012	9,2			75,0	50,0			56,0
	2012-2002	0,3			15,4	1,4			9,6
	2012-2006	0,2			7,0	1,0			3,6
NON1	2002		6,0		51,0		37,2		
	2006		6,0		63,0		45,0		
	2012		5,9		70,1		43,0		
	2012-2002		-0,1		19,1		5,8		
	2012-2006		-0,1		7,1		-2,0		
ZON2	2002			36,4	55,1	50,0			
	2006			39,5	63,0	50,0			
	2012			48,0	69,7	56,0			
	2012-2002			11,6	14,6	6,0			
	2012-2006			8,5	6,7	6,0			
Loess	2002	8,2	6,3		53,0	50,0			
	2006	8,4	6,3		63,0	50,0			
	2012	8,3	6,4		70,0	56,0			
	2012-2002	0,1	0,1		17,0	6,0			
	2012-2006	-0,1	0,1		7,0	6,0			

Tabel 2b (vervolg); Opbrengsten (ton vers per ha per jaar) in de periode voorafgaand aan 2002, 2006 en 2012 (bron: KWIN Akkerbouw: Dekkers, 2002, Wolf, 2006 en Anonymus, 2012)

Regio	Periode	Gewas:						
		Pootaardap pel	Broccoli	Bloemkool	Prei	Spinazie	Andijvie	Sla
VGG1	2002	35,7	9,8	26,0				
	2006	33,0	9,8	26,0				
	2012	35,0	10,5	26,0				
	2012-2002	-0,7	0,7	0,0				
	2012-2006	2,0	0,7	0,0				
VGG4	2002				35,0	30,0/24,0		39,2/42,7
	2006				35,0	27,0/23,0		39,2/42,7
	2012				45,0	37,5/25,0		44,8/44,8
	2012-2002				10,0	7,5/1,0		5,6/2,1
	2012-2006				10,0	10,5/2,0		5,6/2,1
VGG5	2002		9,8		35,0		37,5/37,5	
	2006		9,8		35,0		40,0/45,0	
	2012		10,5		45,0		40,0/45,0	
	2012-2002		0,7		10,0		2,5/7,5	
	2012-2006		0,7		10,0		0,0/0,0	

Tabel 3: Berekende aanpassing (toe- dan wel afname) van de gewasspecifieke N-gebruiksnorm (kg N per ha per jaar) als gevolg van autonome verandering van de gemiddelde versopbrengst tussen het jaar waarin de N-gebruiksnorm is vastgesteld en huidige opbrengsten.

Gewas	Grondsoort:	
	Kleigrond	Zand- en loessgrond
Wintertarwe	+6	-2
Zomergerst	-2	+2
Snijmais		+37
Suikerbieten	+29	+12
Consumptieaardappelen	0	+20
Fabrieksaardappelen		-7
Pootaardappelen	-2	
Zaaiuien	+20	
Broccoli	+3	+3
Bloemkool	0	
Prei		+30
Spinazie		+44
Andijvie		0
Sla		+12

2.2 Mestsoorteffecten

De aard van een meststof is mede bepalend voor de uiteindelijke N-uitspoeling. Dit is een gevolg van het feit dat meststoffen verschillen in het aandeel 'onwerkzame' N, dat meststoffen bovendien verschillen in de mate waarin dit 'onwerkzame' deel luchtbelastend is (t.w. ammoniak emitterend) dan wel waterbelastend is, en dat de wettelijk toegekende N-werking bij de ene mestsoort beter overeenkomt met de werkelijke N-werking dan bij de andere mestsoort. Bij een lage toegekende werking mag binnen een N-gebruiksnorm namelijk relatief veel kunstmest-N worden aangevuld. In het WOG 2.0 model is aangenomen dat van de jaarlijkse mineralisatie van organische meststoffen 60% plaatsvindt gedurende een voor groeiende gewassen relevante periode. Varkensdrijfmest, als voorbeeld, bestaat voor 35% uit organische gebonden N. Dat betekent dat per 100 kg toegediende N in de vorm van varkensdrijfmest, 21 kg N ($21 = 0,35 * 0,60$) buiten het groeiseizoen vrijkomt en in beginsel aan uitspoelingsverlies bloot staat. Vanuit dat gezichtspunt zullen bedrijven die alleen minerale meststoffen gebruiken meer N kunnen gebruiken en toch dezelfde N-uitspoeling kunnen realiseren als in een situatie waarin naast minerale N ook organische N zou zijn toegepast. Met het WOG 2.0 model is allereerst verkend wat de nitraatconcentratie van ontvangend water zou zijn bij gebruik van een combinatie van varkensdrijfmest en kunstmest-N (KAS). Het gebruik van varkensdrijfmest is daarbij gebaseerd op de P-gebruiksnorm (P-toestand neutraal) en het gebruik van KAS op de resterende N-gebruiksruimte. Verder is uitgegaan van gemiddelde KWIN-opbrengsten. Vervolgens is berekend hoeveel hoger het gebruik van kunstmest-N (en dus N-gebruiksnorm) zou mogen zijn bij volledige vervanging van varkensdrijfmest door KAS. Aannemende dat de ammoniakvervluchtiging van KAS (0.9%) nauwelijks verschilt van die van geïnjecteerd mineralenconcentraat (2%) gelden de resultaten ook bij vervanging van onbewerkte varkensdrijfmest door mineralenconcentraat (product van ultrafiltratie en/of omgekeerde osmose). Vervanging door de dunne fractie op basis van een low-tech scheiding (dat wil zegen zonder ultrafiltratie en omgekeerde osmose) van varkensdrijfmest, zal een tussenpositie innemen. Als varkensdrijfmest door KAS vervangen zou worden, leidt een verruiming van de N-gebruiksnorm op bedrijfsniveau variërend van 22 kg N per ha (NON1) tot 46 kg N per ha (CZK) niet tot verhoging van de nitraatconcentratie. Als gevolg hiervan stijgt ook de berekende onttrekking met 0-16 kg N per ha en 0-6 kg P_2O_5 per hectare bedrijfsoppervlakte (Tabel 4). Naarmate mest een groter aan deel organisch gebonden N bevat, zal het onwerkzame deel groter zijn. Vervanging van rundveedrijfmest door KAS zal daarom tot meer verruiming kunnen leiden dat vervanging van varkensdrijfmest. In de discussie (paragraaf 3.6) wordt ingegaan op een aantal nevenaspecten van de maatregel om organische mest door minerale mest te vervangen.

Tabel 4: Berekende hoeveelheid te gebruiken N ('GN') op bedrijfsniveau als gebruiksnorm deels met varkensdrijfmest (VDM + KAS) zou worden ingevuld (volgens wettelijk gebruiksnormen) en de alternatieve gebruiksnorm als VDM volledig door minerale N (KAS) vervangen zou worden.

Regio	Mestregime	Nitraat (mg/l)	VDM (kg N/ha)	KAS (kg N/ha)	'GN' (kg N/ha)	VDM (kg P ₂ O ₅ /ha)	Onttrekking	
							(kg N/ha)	(kg P ₂ O ₅ /ha)
NZK	VDM+KAS	49	93	148	204	60	148	58
	KAS	49	0	246	246	0	154	60
CZK	VDM+KAS	47	93	163	218	60	167	65
	KAS	47	0	264	264	0	176	69
ZWK	VDM+KAS	55	93	182	238	60	167	64
	KAS	55	0	281	281	0	173	67
NON1	VDM+KAS	76	93	108	183	60	122	44
	KAS	76	0	205	205	0	126	45
ZON2	VDM+KAS	43	93	74	148	60	137	51
	KAS	43	0	171	171	0	141	52
LOSS	VDM+KAS	59	93	84	158	60	133	56
	KAS	59	0	192	192	0	149	62
VGG1	VDM+KAS	97	93	168	224	60	58	19
	KAS	97	0	260	260	0	58	19
VGG4	VDM+KAS	95	93	147	221	60	132	39
	KAS	95	0	253	253	0	145	42
VGG5	VDM+KAS	79	93	94	168	60	102	32
	KAS	79	0	193	193	0	109	34

2.3 Rijenbemestingseffecten

Bij gewassen met een ruime rijafstand kan plaatsing van meststoffen naast de (voorzien) zaaivoor of planrij tot een betere benutting van N en P leiden. Op basis van onderzoek wordt aangenomen dat eenzelfde effect op de P-opbrengst bij P-rijenbemesting met de helft van een volveldse P-gift kan worden gerealiseerd (relatieve werking 200%). Bij een voldoende tot hoge P-toestand zal dit effect echter niet of in veel mindere mate optreden. Positieve plaatsingseffecten kunnen ook een gevolg zijn van een betere N-voorziening. Dat gewas hiervan baat kunnen hebben, met name bij een krappe N-voorziening is aangetoond bij snijmaïs. Van Dijk & Brouwer (1998) vonden dat bij plaatsing gemiddeld 28% minder kunstmest-N nodig was voor eenzelfde onttrekking (relatieve werking 140%). Schröder et al. (2015) vonden dat bij plaatsing gemiddeld 34% minder rundveedrijfmest nodig was voor eenzelfde onttrekking (relatieve werking 150%). Everaarts & De Willigen (1999) concludeerden dat rijenbemesting met kunstmest-N ook bij broccoli (rijafstand 50 cm) de versopbrengst met 5% verhoogt. Uit hun gegevens valt af te leiden dat de relatieve N-werking van rijenbemesting 117% bedraagt. Ook bij suikerbieten wordt van tijd tot tijd melding gemaakt van hogere opbrengsten bij rijenbemesting. Goed gedocumenteerde gegevens hierover zijn vooralsnog echter niet beschikbaar. Met het WOG 2.0 model is desondanks verkend wat de effecten zijn van een vervanging van volveldse toediening door rijenbemesting. Deze verkenning is vooralsnog beperkt tot de kunstmestgift bij suikerbieten en broccoli en de kunst- en dierlijke mestgift bij snijmaïs. Daarbij zijn relatieve werkingen van 125% gehanteerd voor rijenbemesting bij suikerbieten en broccoli (50 cm rijafstand) en 125-150% voor rijenbemesting bij snijmaïs (75 cm rijafstand).

In de kleiregio's (NZK, CZK en ZWK) heeft de N-gebruiksnorm voor suikerbieten geen korting ondergaan. Dat betekent dat gewassen daar nauwelijks responsief zijn. Toediening van kunstmest-N via rijenbemesting leidt daar dan ook nauwelijks tot een verhoging van de N-onttrekking en een verlaging van het N-overschot (Tabel 5). Dat het toedienen van kunstmest via rijenbemesting ook op de dalgronden (NON1) niet tot een verruiming leidt heeft eveneens te maken met de vooralsnog ruime N-gebruiksnorm en ook met het feit dat in de scenario's is uitgegaan van het feit dat een groot deel van de N-behoefte daar met (volvelds geïnjecteerde) dierlijke mest is gegeven. Op zand- en lössgrond (ZON2 en LOSS) is het effect om diezelfde reden beperkt. In verband daarmee is heeft rijenbemesting bij suikerbieten ook nauwelijks effect op de P-onttrekking van een bouwplan (Tabel 5). Datzelfde geldt om vergelijkbare redenen ook voor broccoli. Berekeningen geven aan dat de effecten niet meer dan enkele kilogrammen N per ha hoger zijn als de genoemde gewassen niet deels met organische mest maar volledig met kunstmest worden bemest. Bij snijmaïs (ZON2) is het effect groter omdat uit onderzoek blijkt dat de effectiviteitsverhoging van rijenbemesting daar groter is ('factor' 1,25-1,50), zowel mest als kunstmest daar als rijenbemesting kunnen worden toegediend (althans bij mestplaatsing aan slechts één zijde van voorzien maïsrij), en de recente korting van 20% betrekking heeft op een N-gebruiksnorm die ook voordien reeds lager was ingesteld dan het landbouwkundige N-advies. Als gevolg daarvan zijn maïsgewassen relatief responsief. De modelverkenning geeft aan dat de N-gebruiksnorm met ruim 35 kg N per ha verruimd zou kunnen worden zonder nadelig effect op de nitraatconcentratie. De P-onttrekking op het niveau van het bouwplan als geheel (waarin 25% snijmaïs) neemt met 3 kg P₂O₅ per ha toe. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat deze verkenning betrekking heeft op situaties waarin een verruimde N-gebruiksnorm met extra kunstmest wordt opgevuld. Als de verruiming met drijfmest zou worden opgevuld (in combinatie met een korting op de drijfmestgift bij andere gewassen zodat het drijfmestgebruik op bedrijfsniveau niet verandert) is de berekende verruiming als gevolg van rijenbemesting geringer omdat in dat geval meer mineralisatie buiten het groeiseizoen plaats zal vinden (Tabel 6).

Tabel 5: Verruiming van de N-gebruiksnorm ('GN') op gewasniveau en P-gebruiksnorm op bedrijfsniveau ('GP') zonder verhoging van de nitraatconcentratie als de kunstmestgift en/of de mestgift in plaats van volvelds (vv) als rijenbemesting (rb) wordt toegediend (suikerbieten: kunstmest; snijmaïs: kunstmest en/of drijfmest) uitgaande van een bepaalde relatieve effectiviteit ('factor')

Gewas	Regio	Nitraat op bedrijfsniveau (mg/l)	Mest			Kunstmest		'GN' (kg N/ha)	'GP' (kg P ₂ O ₅ /ha)	
			Soort	Gift (kg N/ha)	Wijze	Soort	Wijze (factor)			
Suikerbiet	NZK	49				KAS	Vv (1.00)	150	58	
		49				KAS	Rb (1.25)	153	59	
	CZK	47				KAS	Vv (1.00)	150	65	
		47				KAS	Rb (1.25)	156	66	
	ZWK	55				KAS	Vv (1.00)	150	64	
		55				KAS	Rb (1.25)	154	65	
	NON1	76	VDM	93	Vv (1,00)	KAS	Vv (1,00)	145	44	
		76	VDM	93	Vv (1,00)	KAS	Rb (1,25)	145	44	
	ZON2	43	VDM	106	Vv (1,00)	KAS	Vv (1,00)	116	51	
		43	VDM	106	Vv (1,00)	KAS	Rb (1,25)	119	51	
	LOSS	59	VDM	76	Vv (1,00)	KAS	Vv (1,00)	116	56	
		59	VDM	76	Vv (1,00)	KAS	Rb (1,25)	118	57	
	Broccoli	VGG1	97	VDM	93	Vv (1,00)	KAS	Vv (1,00)	270	19
			97	VDM	93	Vv (1,00)	KAS	Rb (1,25)	272	19
VGG5		79	VDM	93	Vv (1,00)	KAS	Vv (1,00)	188	32	
		79	VDM	93	Vv (1,00)	KAS	Rb (1,25)	190	32	
Snijmaïs	ZON2	43	VDM	106	Vv (1,00)	KAS	Vv (1,00)	112	51	
		43	VDM	106	Rb (1,25)	KAS	Vv (1,00)	125	52	
		43	VDM	106	Rb (1,50)	KAS	Rb (1,00)	137	53	
		43	VDM	106	Rb (1,25)	KAS	Rb (1,25)	137	53	
		43	VDM	106	Rb (1,50)	KAS	Rb (1,50)	149	54	

Tabel 6: Verruiming van de N-gebruiksnorm ('GN') bij snijmaïs zonder verhoging van de nitraatconcentratie op bedrijfsniveau als de kunst- en drijfmestgift in plaats van volvelds (vv) als rijenbemesting (rb) worden toegediend, uitgaande van een relatieve effectiviteit ('factor') van 1,50, in relatie tot de mestgift

Nitraat op	Mest			'GN'	
Bedrijfsniveau (mg/l)	Soort	Gift (kg N/ha)	Wijze		Verruiming (kg N/ha)
43	VDM	71	Vv	112	
43	VDM	71	Rb	159	47
43	VDM	106	Vv	112	
43	VDM	106	Rb	149	37
43	VDM	142	Vv	112	
43	VDM	142	Rb	139	27
43	VDM	178	Vv	112	
43	VDM	178	Rb	129	17

3 Discussie

3.1 Tweezijdige differentiatie

Gebruiksnormen zijn vooralsnog gebaseerd op hetgeen nodig geacht wordt om binnen een sector (akker- en tuinbouw, dan wel melkveehouderij) op het niveau van een regio als geheel aan een milieudoelstelling te voldoen. Dat betekent dat daarbij kon worden uitgegaan van regionaal gemiddelde niveaus van N- en P-afvoer. Dat gemiddelde was daarbij opgebouwd uit de afvoer van bedrijven die als gevolg van bijvoorbeeld bodemkwaliteit, vakmanschap en/of investeringen een meer dan gemiddelde afvoer realiseerden en bedrijven die een minder dan gemiddelde afvoer realiseerden. Als nu in het kader van equivalente maatregelen aan telers met een aantoonbare bovengemiddelde afvoer in het recente verleden een ruimere N-gebruiksnorm wordt toegekend (ofwel: een lagere korting dan de korting met 20%), betekent dit dat de nitraatconcentratie onder hun bedrijven toeneemt. Als op bedrijven met beneden-gemiddelde afvoer niet tegelijkertijd een krappere N-gebruiksnorm wordt opgelegd (ofwel: eventueel een nog sterkere korting dan de korting met 20%), zal de regionaal gemiddelde nitraat-N concentratie groter worden dan beoogd met de generiek gekorte gebruiksnorm. Een dergelijke redenering gaat niet zonder meer ook op voor de P-gebruiksnorm. Anders dan bij N geldt namelijk niet dat er van de aangevoerde P per definitie een aanmerkelijke fractie verloren gaat. Toekenning van een hogere P-gebruiksnorm aan bedrijven die aanwijsbaar meer P afvoeren dan de gebruiksnorm, impliceert slechts dat hun bodemvruchtbaarheid (fosfaattoestand) niet zal dalen. Daarnaast geldt wel dat de P-gebruiksnorm voor bepaalde typen bedrijven systematisch hoger is dan de P-afvoer. Daar zal P-ophoping plaatsvinden tot niveaus die, op termijn, wel tot P-verliezen naar het milieu kunnen leiden. Bijkomend probleem is daarbij dat de landbouwkundige adviezen voor fosfaatbemesting voor een aantal van de gewassen in deze bouwplannen vaak relatief hoog zijn door een slechte fosfaatopname. Beperking van de aanvoer van fosfaat tot de afvoer van deze gewassen zal dan tot aanzienlijke opbrengstreductie leiden.

Wat betreft de hiervoor vermelde noodzakelijkheid om in twee richtingen te differentiëren voor een gelijkblijvend milieuresultaat, dient nog wel het volgende te worden opgemerkt. Beloning van bovengemiddelde opbrengsten met extra N-gebruiksruimte kan voor een deel van de achterblijvers een stimulans vormen om meststoffen efficiënter te gaan benutten en zo hogere opbrengsten en afvoeren te realiseren. In dat kader kan ook gewezen worden op de regeling Bedrijfspecifieke Excretie (BEX) in de melkveehouderij waar gekozen is voor eenzijdige differentiatie: bij een bovengemiddelde (milieukundig ongunstiger) excretie, mogen 'achterblijvers' terugvallen op de voor hen gunstiger verstekwaarde. Praktisch punt is dat equivalente maatregelen een vrijwillig instrument is waar ondernemers niet aan zullen deelnemen als dit geen gebruiksruimte voor hun bedrijf oplevert.

3.2 Referentie

In de voorgaande paragraaf is aangegeven waarom het toekennen van een hogere gebruiksnorm aan degenen met een bovengemiddelde afvoer tot een slechter milieuresultaat zal leiden als die bovengemiddelde afvoer op het desbetreffende bedrijf al langere tijd gerealiseerd wordt: het gunstige effect van die hogere afvoer is dan immers al in de gebruiksnormen verdisconteerd. Dat betekent dat toekenning van een hogere gebruiksnorm alleen dan tot eenzelfde ('even goed', equivalent) milieuresultaat leidt, als een bedrijf alsnog overgaat tot het toepassen van een werkwijze of methode die tot een hoger onttrekking leidt of een lagere uitspoelfractie. Met andere woorden, toekennen van een hogere gebruiksnorm is aan de orde als de N-responscurves van de nutriëntenafvoer of van de N-uitspoeling van het desbetreffende bedrijf gewijzigd wordt ten opzichte van zijn eigen verleden. De consequentie hiervan is echter dat een bedrijf dat die werkwijze of methode al geruime tijd uit eigen beweging toepast, niet voor toekenning van een hogere gebruiksnorm in aanmerking zou kunnen komen. De oplossing voor dit dilemma kan gevonden door de te berekenen N-ruimte voor degenen die alsnog op die werkwijze of methode overstappen, niet volledig aan hen toe te kennen maar deels over te hevelen naar degenen die die werkwijze of methode al langer toepassen.

3.3 Overschot is overschot?

Dat indertijd bij de besluitvorming over gebruiksnormen uitgegaan is van gemiddelden, heeft nog een andere consequentie. Uit het LMM blijkt dat er, in elk geval bij zandgronden, een min of meer lineair verband bestaat tussen het N-bodemoverschot en de nitraatconcentratie van het bovenste grondwater. Zoals gebruikelijk bij biologische processen, is dit verband met spreiding omgeven. Die spreiding wordt onder meer veroorzaakt door het feit dat het verband gebaseerd is op bedrijven met allerlei gewassen. N-bodemoverschotten worden voor een deel door gewaseigenschappen bepaald. Zo zijn er gewassen die mineralen bodem-N relatief matig opnemen en om die reden een hoog overschot hebben. Ook zijn er gewassen die minerale bodem-N goed kunnen opnemen maar een relatief groot deel van die opgenomen N in gewasresten achterlaten en om die reden een hoog overschot hebben. Naast gewaseigenschappen zijn ook bemestingskarakteristieken bepalend voor het N-bodemoverschot. Zo kan een overschot hoog zijn omdat er simpelweg te veel kunstmest-N gegeven is of omdat er een meststof gebruikt is met een relatief lage N-werking waarbij veel N buiten het groeiseizoen mineraliseert. Het WOG-WOD model en ook het onderhavige model WOG 2.0 gaan er, desondanks, vervolgens van uit dat elke soort N-bodemoverschot eenzelfde effect op de nitraatconcentratie heeft. Dit is echter niet waarschijnlijk omdat de precieze verdeling van een overschot over de posten uitspoeling en denitrificatie zal verschillen, afhankelijk van de aard van het overschot. Het is evenmin waarschijnlijk omdat ook het neerslagoverschot per situatie zal verschillen. Op het niveau van een regio middelen dit soort effecten min of meer uit. Als de genoemde modellen gebruikt worden op het niveau van een gewas of een bedrijf of zelfs op het niveau van een groep van homogene bedrijven, neemt het risico toe dat de nitraatconcentratie hetzij overschat, hetzij onderschat wordt. In het kader van dit soort overwegingen wordt vaak verwezen naar het gedrag van bietenblad. Bietenblad bevat meer dan 100 kg N per ha en draagt daarmee sterk bij aan het N-bodemoverschot als dat blad niet wordt afgevoerd. Uit een aantal veldproeven blijkt echter dat de N in verterend bietenblad voor een belangrijk deel vervluchtigt in plaats van uitspoelt. Op grond daarvan lijkt het rechtvaardig om bij het doorrekenen van bedrijven met een belangrijk aandeel bieten, een bepaald N-bodemoverschot tot relatief minder nitraatuitspoeling te laten leiden. Dat betekent echter ook dat een bepaald N-bodemoverschot op bedrijven zonder of met weinig bieten tot een relatief hoge nitraatuitspoeling zal leiden. Immers, in de populatie van deelnemende LMM bedrijven als geheel, ziet de waargenomen relatie tussen N-bodemoverschot en nitraatconcentratie er nu eenmaal uit zoals die er uit ziet en is in die zin 'kloppend': afwijkingen naar beneden in het ene type gewas gaan hand in hand met afwijkingen naar boven in een ander type gewas.

In een ideale wereld zouden voor de belangrijkste gewassen per grondsoort, per afzonderlijk gewas meerjarige proeven gedaan moeten worden waarin in een N-trappenproef met verschillende mest-kunstmestcombinaties het N-overschot én de bijbehorende nitraatconcentraties gemeten worden. Omdat die ideale wereld niet bestaat nemen de rekenregels hun toevlucht tot de, weliswaar grondsoort-specifieke, gemiddelde relatie tussen het N-bodemoverschot en de nitraatconcentratie uit het LMM in plaats uit proeven. De aard en detail van de opzet van LMM maakt het niet mogelijk om daar gewas-specifieke relaties aan te ontleen.

3.4 Overige maatregelen

Dit rapport beperkt zich tot het effect van opbrengstniveaus (maatregel A), het gebruik van mest (maatregel C) en het toepassen van rijenbemesting (maatregel G). In een eventuele vervolgstudie zal het effect van verwijdering van gewasresten (maatregel B), het uitrijdstip van mest (maatregel D), een ruimere teelt van groenbemesters (maatregel E), en het gebruik van bodemverbeteraars (maatregel F) becijferd worden. Wat betreft laatstgenoemde maatregel dient nog wel een voorstudie plaats te vinden waarop in de volgende paragraaf wordt ingegaan. Ten aanzien van de teelt van groenbemesters (maatregel E) kan worden opgemerkt dat deze maatregel in de huidige regelgeving al gehonoreerd wordt met een extra N-gebruiksruimte van 50-60 kg N per ha groenbemester. Die ruimte hoeft niet (volledig) aan de groenbemester gegeven te worden maar kan (deels) aan andere teelten worden gegeven. Wel kan het interessant zijn om het effect van een ruimere teelt van onbemeste groenbemesters ('vanggewassen', zoals nu reeds verplicht na de teelt van maïs op zand- en lössgrond) te onderzoeken in het kader van equivalente maatregelen. Vanggewassen kunnen namelijk N over de winter heen tillen die op die manier ten goede komt

aan volgteelten voor zover die, afhankelijk van gegeven overige meststoffen, N-behoefstig zijn.

3.5 Bodemverbeteraars

Eén van de geopperde equivalente maatregelen is het gebruik van bodemverbeteraars. Bodemverbeteraars zijn niet eenduidig gedefinieerd. In het kader van equivalente maatregelen en deze notitie gaat het om bodemverbeteraars die bedoeld zijn voor verhoging van de organische stofaanvoer en die ook N en P bevatten. Andere typen bodemverbeteraars zoals structuurverbeteraars worden hier buiten beschouwing gelaten, ook al bevatten ze N en/of P. Knelpunt bij toepassing van deze bodemverbeteraars is vooral de P-gebruiksnorm. Hierdoor kunnen relatief kleine hoeveelheden worden toegepast waardoor het lang duurt voor de bodemkwaliteit toeneemt.

Toepassing van bodemverbeteraars voor verhoging van organische stofaanvoer kan zorgen voor een lagere stikstofuitspoeling door:

- Hogere opbrengsten en daarmee een hogere N-afvoer. Deze hogere opbrengsten kunnen een gevolg zijn van een betere vochtvoorziening (vochtvasthoudendheid, bewortelingsdiepte), meer ziektevering, of een betere voorziening met een opbrengstbeperkend nutriënt (P, K, S, Mg, microelementen).
- Hogere denitrificatie waardoor een groter deel van het N-bodemoverschot vervluchtigt en minder beschikbaar is voor uitspoeling.

Bij het starten van toepassing van bodemverbeteraars zal, in vergelijking tot dierlijke mest, slechts een klein deel van de toegediende N al in het eerste jaar mineraliseren en daarom in eerste instantie vast blijven liggen. Dit heeft tot gevolg dat de aanvoer van N, anders dan bij andere N-bronnen, aanvankelijk in relatief geringe mate bijdraagt aan het uitspoelbare N-bodemoverschot. Dat verandert, echter, als gaandeweg een evenwicht is bereikt tussen de jaarlijkse aanvoer van N met de bodemverbeteraar en de cumulatieve mineralisatie van N uit het herhaald gebruik van de bodemverbeteraar. De mineralisatie buiten de opnameperiode van het gewas zal toenemen. Aanvullende maatregelen als het telen van vanggewassen of aanpassing van de vruchtwisseling kan negatieve effecten verkleinen of voorkomen.

De wens tot opname van bodemverbeteraars als equivalente maatregel komt voort uit de resultaten van het bedrijfssysteemonderzoek op PPO-locatie Vredepeel. Daar blijkt dat in het biologisch systeem met hoge organische stofaanvoer via vaste mest en runderdrijfmest een lage N-uitspoeling gerealiseerd kan worden tot ver onder de nitraatnorm met voor enkele gewassen opbrengsten die vrijwel gelijk zijn met de gangbare opbrengsten. Het opbrengstniveau lijkt in de afgelopen 15 jaar met 10-20% gestegen te zijn. Het bemestingsniveau in het biologisch systeem ligt daarbij ook ruim onder de gangbare adviezen. Daarnaast levert een lage organische stofaanvoer in het geïntegreerde systeem zonder gebruik van organische stof uit mest, lagere opbrengsten en een lagere nitraatuitspoeling op dan het geïntegreerde systeem met normale organische stofaanvoer via drijfmest maar ook ca. 10% lagere opbrengsten.

Om na te gaan of toepassing van bodemverbeteraars een positief effect heeft op de nitraatconcentraties in grondwater en of een hogere gebruiksnorm gerechtvaardigd is, moet dit onderzoek nader geanalyseerd worden om na te gaan wat de ontwikkeling in N- en P-afvoer is geweest, of er verschil in uitspoelfracties is, wat de bijdrage van de andere systeemelementen (mestsoorten, bouwplan inclusief groenbemesters) geweest kan zijn, en hoe de ontwikkeling van de N-mineralisatie in de tijd is op basis van de toegediende hoeveelheden organische meststoffen. Daarbij is het aan te bevelen ook relevante literatuur te zoeken van vergelijkbare proeven in binnen- en buitenland.

3.6 Organische stof

Uit het voorgaande bleek (paragraaf 2.2) dat vervanging van organische meststoffen door minerale meststoffen een lager N-overschot en minder N-uitspoeling geven zodat de N-gebruiksnorm zou kunnen worden verruimd. Afzien van organische meststoffen kan echter nadelige consequenties hebben voor de bodemvruchtbaarheid in situaties waarin het bouwplan zelf onvoldoende effectieve organische stof produceert. Waar organische meststoffen niet per se nodig zijn om de behoefte aan effectieve organische stof te dekken, kan afzien van organische mest desondanks een onverstandige keuze zijn. Om te beginnen bevat organische mest noodzakelijke micro-elementen die zonder mest uit andere bronnen betrokken moeten worden. Verder zal het afzien van organische mest op de ene plek kunnen leiden tot een milieubelastend gebruik van diezelfde organische mest op een andere plek (Schröder et al., 2014).

4 Opbouw van het gebruikte model

4.1 Inleiding

Landbouwbedrijven in Nederland voeren doorgaans meer nutriënten aan dan dat ze afvoeren. Voor wat betreft stikstof (N) is een dergelijk overschot deels onvermijdelijk omdat N onmogelijk voor de volle honderd procent benut kan worden. Met name als gevolg van wetgeving zijn deze zogenaamde overschotten van N en fosfaat (formeel PO_4 maar in de praktijk aangeduid als P en vaker nog als P_2O_5) in de afgelopen 40 jaar sterk gedaald. Toch voldoet de concentratie van nitraat-N in het bovenste grondwater nog niet in alle sectoren en regio's aan de van EU-wege verlangde 50 mg nitraat per liter. Voor die overschrijding bestaan diverse verklaringen. Om te beginnen maakt landbouw een groot deel uit van het grondgebruik in Nederland. Daardoor is de verdunning met relatief schoon water vanuit natuurgebieden gering. Verder is in veel regio's overwegend sprake van zandgrond waar de N-verbindingen die deel uitmaken van het N-overschot maar in beperkte mate worden omgezet in inert N_2 -gas ('denitrificatie'). Het bouwplan bevat relatief weinig gras en granen veel en rijenteelten. Bij veel van die rijenteelten bestaat een betrekkelijk groot verschil tussen de geadviseerde N-bemesting en de hoeveelheid N die in de vorm van oogstproducten van het veld wordt afgevoerd. Dat geldt ook voor gewassen die in een onafgerijpt stadium geoogst worden, waaronder groenten, en die in dat stadium een hoog N-aanbod nodig hebben voor optimale groei. Bij veel gewassen resteren na de oogst weinig groeikansen om het N-overschot met krachtige vanggewassen de onderscheppen. De bemesting vindt bovendien voor een groot deel plaats op basis van organische mest waardoor de synchronisatie tussen het moment waarop N beschikbaar komt en het moment waarop N wordt opgenomen door het gewas, niet perfect verloopt.

Om alsnog aan milieudoelstellingen te voldoen hebben er in het vigerende (2014-2017) Nitraatrichtlijn Actieprogramma (Min EZ, 2013) en de Derogatiebeschikking (Europese Commissie, 2014) een aantal aanscherpingen plaatsgevonden met betrekking tot het gebruik van meststoffen:

- een verlaging van de P-gebruiksnorm met 5 kg P_2O_5 per ha met ingang van 2015,
- een verlaging van de mestgebruiksnorm met 20 kg mest-N per ha (van 250 naar 230 kg N per ha) voor melkveebedrijven met derogatie op zand- en lössgrond in Noord-Brabant, Limburg, Utrecht en Gelderland,
- een verbod op het gebruik van P-kunstmest op melkveebedrijven met derogatie,
- maximering van het aandeel bouwland tot 20% op melkveebedrijven met derogatie,
- een korting van 20% op de N-gebruiksnormen (niveau 2013-2014) van uitspoelingsgevoelige gewassen op zand- en lössgrond in Zuid-Limburg en Noord-Brabant met ingang van 2015.

Een gewas geldt als uitspoelingsgevoelig als het N-overschot behorend bij het toedienen van de geadviseerde (De Haan & Van Geel, 2013) hoeveelheid N in de vorm van kunstmest-N, op een matig droge zandgrond zou leiden tot overschrijding van de van EU-wege verlangde nitraatconcentratie. Met de genoemde korting wordt de discrepantie tussen de N-gift die landbouwkundig geadviseerd wordt en de N-gift die milieukundig is toegestaan, nog groter dan met de vooralsnog geldende N-gebruiksnorm al het geval was. Dit stuit op bezwaren van telers. In het vigerende, en inmiddels door de Europese Commissie goedgekeurde, 5^e Nitraatrichtlijn Actieprogramma is daarom de toezegging opgenomen dat telers zogenaamde Equivalente Maatregelen mogen nemen. Dat betekent concreet dat telers deels of geheel van bovengenoemde maatregelen gevrijwaard zullen worden als zij alternatieve maatregelen nemen die tot eenzelfde of beter milieuresultaat leiden.

Equivalenten maatregelen moeten op basis van voorafgaand onderzoek wel aantoonbaar werkzaam zijn, hun inzet moet controleerbaar zijn, het milieuresultaat moet meetbaar zijn en er mag geen afwenteling van de milieulast plaatsvinden in ruimte (naar andere bedrijven, sectoren, regio's) of tijd (naar de toekomst).

Met name op zand- en lössgrond bestaan er min of meer directe, gewas- en bodemspecifieke verbanden tussen de aanvoer en de afvoer van N en P, de aanvoer van N en P en het overschot, en het overschot van N en de milieubelasting door N (Europese Commissie, 2011). Dat betekent dat een maatregel eerst dan equivalent is als ze de aanvoer verlaagt en/of de afvoer verhoogt of de relatie verandert tussen het overschot en de milieubelasting. Zelfs in het responsieve deel van de relatie tussen aanvoer en afvoer leidt een verlaging van de aanvoer tot enige verlaging van het overschot en de milieubelasting hoewel ook de afvoer zélf lijdt onder de verlaging van de aanvoer. Als de verlaging van de aanvoer het gevolg is van de inzet van methoden die de N-aanvoer meer af laten hangen van de status van bodem of gewas, hoeft een verminderde aanvoer echter niet altijd tot een verlaagde afvoer te leiden. Dat is evenmin het geval als de aanvoer in een effectievere vorm plaatsvindt (via een aangepaste aard, een aangepast tijdstip of aangepaste plaats van bemesting, via recycling van N-restanten met behulp van vanggewassen). Eenzelfde aanvoer gaat dan hand in hand met een grotere afvoer en een lager overschot waardoor de noodzaak van een korting op de N-gebruiksnorm omwille van de vereiste milieukwaliteit dan minder zou kunnen worden. Het verschil tussen aanvoer en afvoer is ook te verkleinen door de teelt van meer niet-uitspoelingsgevoelige gewassen (granen), door gewasresten alsnog van het veld af te voeren of door de teelt van rassen, voor zover die te benoemen zijn, met een grotere afvoer van nutriënten. Tenslotte kan mogelijk een groter deel van het N-overschot worden omgezet in inert N₂ in plaats van nitraat-N door maatregelen op het gebied de hydrologie, akkerranden en/of grondbewerking. Uit het voorgaande blijkt dat het uiteindelijke milieuresultaat door zeer veel factoren bepaald wordt. Daarom bestaat er behoefte aan een rekenmodel om snel, reproduceerbaar en gedocumenteerd alternatieve maatregelen te kunnen beoordelen. Dit rapport beschrijft hoe dat rekenmodel, WOG 2.0, is opgebouwd. Ook wordt aan de hand van een aantal scenario's geïllustreerd hoe het model gebruikt kan worden (paragraaf 2).

4.2 Verschillen en overeenkomsten tussen WOG-WOD en WOG 2.0

De redeneerlijn van het model WOG 2.0 komt volledig overeen met het WOG-WOD model van de Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen en Derogatie (WOG-WOD; Schröder et al. 2007, 2009, 2011). Het WOG-WOD model gaat na of en met welke combinatie van mest- en kunstmestgiften in het zandgebied op een bepaalde ruimtelijke schaal (veld, bedrijf, sector, regio, land) aan een nitraatdoelstelling in het bovenste grondwater kan worden voldaan. Op basis van gewas specifieke N-responsecurves (Van Dijk et al., 2007) berekent het model wat de N-onttrekking is van een regionaal bouwplan met gemiddelde opbrengsten en gehalten, om te beginnen bij de vigerende N-gebruiksnormen. Uit het verschil tussen de hoeveelheid aangevoerde N en de hoeveelheid afgevoerde N (onder verrekening van niet-geogste delen en vervluchtigde N) wordt vervolgens het N-bodemoverschot berekend. Op basis van de in het LMM gevonden grondgebruik- en bodemtype-specifieke relaties tussen het N-bodemoverschot en de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater (Fraters et al. 2012), berekent het WOG-WOD model vervolgens de nitraatconcentratie. Tenslotte berekent het model welke procentuele correctie van de N-gebruiksnormen nodig is om op een bepaalde ruimtelijke schaal alsnog aan de nitraatdoelstelling te voldoen, in afhankelijkheid van de samenstelling van de gebruikte organische mest, het al dan niet afvoeren van bepaalde gewasresten en de mate waarin het uitspoelingsgevoelige gewas aardappelen door het 'veilige' gewas granen vervangen wordt. Ondanks de overeenkomstige redeneerlijn (nitraatconcentratie = (aanvoer – afvoer) x LMM uitspoelfractie / neerslagoverschot, met aanvoer = correctiefactor x gebruiksnorm / N werkingscoëfficiënt en afvoer = f(aanvoer)), werd het binnen de kaders van het huidige project nodig geacht om het WOG-WOD model om te bouwen tot het model WOG 2.0, en wel om de volgende redenen. WOG 2.0 biedt om te beginnen de mogelijkheid om op basis van bedrijfsspecifieke gegevens van bemesting, gewasaandelen en gewasopbrengsten, een bedrijfsspecifiek N- en P-overschot en bedrijfsspecifieke nitraatconcentratie te berekenen. Gewasopbrengsten worden daarbij vertaald naar N- en P-afvoeren op basis van gemiddelde gehalten. Dit deel van het model wordt de *opgavemodule* genoemd. WOG 2.0 kent daarnaast een *prognosemodule*. Daarmee kunnen alternatieven worden doorgerekend. De onttrekkingen (en afvoeren) worden in dat geval niet berekend uit de opgegeven opbrengsten (want die opbrengsten zijn bij alternatieve maatregelen immers onbekend) maar worden geschat op basis van de beschikbaar gestelde hoeveelheid N. Deze beschikbare hoeveelheid N is afhankelijk van de giften van

kunstmest en organische mest, de samenstelling, het tijdstip en de inwerkmethode van organische mest, de aanwezigheid van vlinderbloemige hoofdgewassen en groenbemesters, en de lange-termijn N-nalevering uit de gezamenlijke gewasresten, groenbemesters en mestresten. Omdat het denkbaar is dat uiteindelijke beschikbaarheid van mest en kunstmest ook nog eens bepaald wordt door de wijze van toedienen (bijvoorbeeld via rijenbemesting) en/of door gewaseigenschappen (bijvoorbeeld via efficiëntere rassen), kan de uiteindelijke beschikbaarheid bovendien worden aangestuurd met op te geven correctiefactoren. Omdat bedrijven en met name bodems verschillen in de mate waarin eenzelfde N-beschikbaarheid tot een bepaalde N-onttrekking leidt, zou geen gebruik gemaakt moeten worden van de gemiddelde N-respons curves zoals die in het WOG-WOD model aanwezig zijn. Het verloop van de N-respons curves zou idealiter immers bedrijfsspecifiek moeten zijn. Dit is als volgt te realiseren.

De algemene reactie van N-onttrekking op de hoeveelheid beschikbare N vertoont heeft het karakter van afnemende meeropbrengst naarmate het aanbod hoger is en kan worden beschreven als:

$$NY = a \times (\text{beschikbare N})^2 + b \times (\text{beschikbare N}),$$

met een maximale waarde NY_{\max} welke bereikt wordt bij een beschikbare hoeveelheid N_{opt} van $-b/(a \times 2)$

De parameterwaarden a (negatieve waarde) en b (positieve waarde) zijn gewasspecifiek en ontleend aan veldproeven, althans voor gewassen met een relatief groot areaal, welke in de afgelopen decennia hebben plaatsgevonden (Van Dijk et al., 2007).

Zoals aangegeven kan het opbrengstniveau per bedrijf verschillen. De curves kunnen wat betreft het plafond van de respons bedrijfsspecifiek gemaakt worden door de responses te herschrijven als:

$$NY_{\text{lokaal}} = NY \times \text{opbrengstfactor},$$

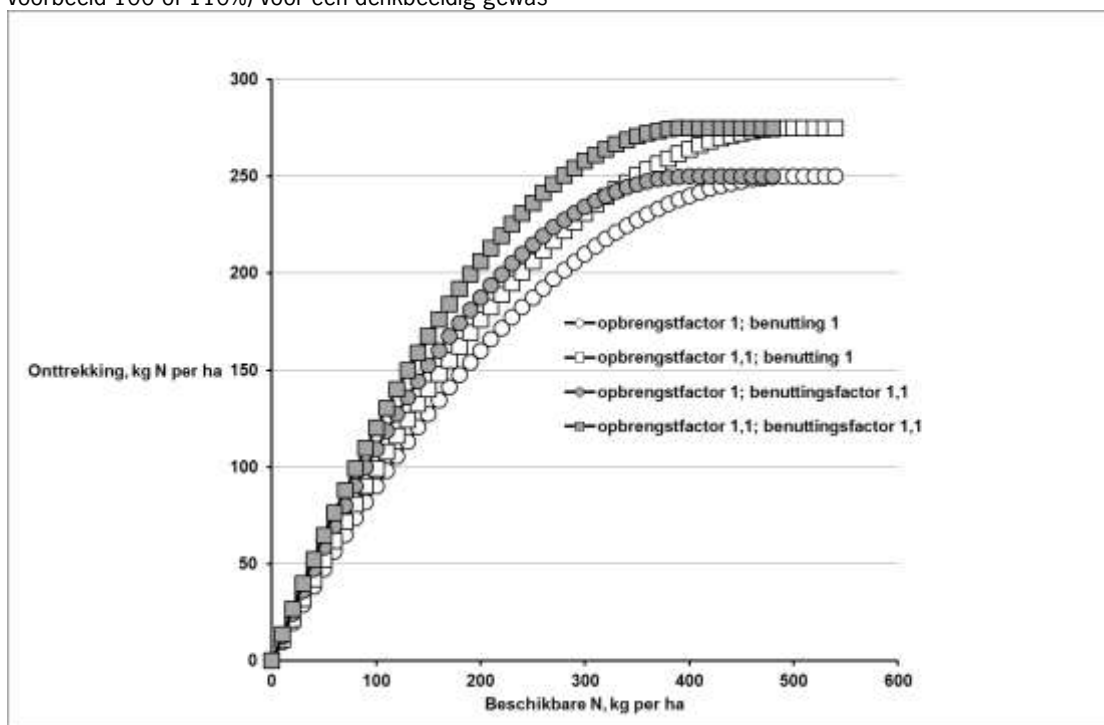
met opbrengstfactor = (lokaal maximale opbrengst x N-gehalte) / NY_{\max} waarbij de lokaal maximale opbrengst het niveau van de marktbaar opbrengst is in afwezigheid van enige N-beperking en het N-gehalte de (verstek-)waarde is van de hoeveelheid N per eenheid marktbaar opbrengst.

Niet alleen het plafond van de respons kan per bedrijf verschillen, maar ook de helling, ofwel de benutting van de beschikbare N (Figuur 1). Dat kan het gevolg zijn van de wijze van toedienen van meststoffen en/of gewaseigenschappen. We noemen dat hier de benuttingsfactor. Een gecombineerde verwerking van zowel de opbrengstfactor als de benuttingsfactor levert de volgende bedrijfsspecifieke response op:

$$NY_{\text{lokaal}} = NY_{\max, \text{lokaal}} \text{ als de beschikbare N} > N_{\text{opt}} \text{ met } N_{\text{opt}} = -b/((a \times \text{benuttingsfactor}) \times 2), \text{ en}$$

$$NY_{\text{lokaal}} = \text{opbrengstfactor} \times \text{benuttingsfactor} \times ((a \times \text{benuttingsfactor}) \times (\text{beschikbare N})^2 + b \times \text{beschikbare N})$$

Figuur 1: N onttrekking in afhankelijkheid van de opbrengst (met als voorbeeld 100 of 110%) en de benutting (met als voorbeeld 100 of 110%) voor een denkbeeldig gewas



Evenals het WOG-WOD model wordt per afzonderlijk gewas een constante relatie verondersteld tussen de marktbaar opbrengst en de onttrekking van N en P hoewel het aannemelijk is dat gehalten iets lager zijn bij een lage nutriëntenbeschikbaarheid en iets hoger bij een ruime nutriëntenbeschikbaarheid. Dit betekent dat de daling van de fysieke opbrengst bij krappe bemesting geringer is dan de daling van onttrekking. Met dalingen van de kwaliteit en dus marktopbrengst houdt het model anderzijds geen rekening vanwege gebrek aan gedocumenteerde gegevens hierover.

Behalve het bodemoverschot van N en P en de verdeling van het N-overschot over ammoniakverliezen, nitraatverliezen en denitrificatieverliezen, berekent WOG 2.0, anders dan het WOG-WOD model, ook de aanvoer van effectieve organische stof. Daarnaast geeft het model ook aan in welke mate de gebruiksnormen voor N, voor P en voor mest-N overschreden dan wel onderschreden worden.

Tabel 7: Aan- en afvoertermen, het overschot, toedeling van het overschot en nitraatconcentratie

			N (kg N/(ha.jaar))	P-balans (kg P ₂ O ₅ /(ha.jaar))
Aanvoer	Depositie	(kg/ha)	X	X
	Veenmineralisatie	(kg/ha)	X	X
	Aanvulgrond	(kg/ha)		X
	Biol. N-binding	(kg/ha)	X	
	Organische mest	(kg/ha)	X	X
	Kunstmest	(kg/ha)	X	X
	<i>TOTAAL</i>		X	X
Afvoer	Hoofdproduct	(kg/ha)	X	X
	Bijproduct	(kg/ha)	X	X
	Kluit	(kg/ha)		X
	<i>TOTAAL</i>		X	X
Overschot	totaal	(kg/ha)	X	
	w.v. NH ₃ -N	(kg/ha)	X	
	w.v. N ₂ en N ₂ O	(kg/ha)	X	
	w.v. NO ₃ -N	(kg/ha)	X	
Nitraat	(mg/l)	X		

4.3 Rekenregels

4.3.1 Opgavemodule

4.3.1.1 Nutriëntenoverschot en nitraatconcentratie

In de opgave module worden de aan- en afvoertermen onderscheiden zoals weergegeven in Tabel 7. De N- en P-depositie worden becijferd op, respectievelijk, 30 kg N en 1 kg P₂O₅ per ha (Schröder et al., 2007). De bijdrage van mineraliserend veen wordt becijferd op 235 kg N per ha puur veen (Kuikman et al., 2005) en verrekend voor het aandeel veengrond in het totaal van de aanwezige gronden. Bij bepaalde teelten wordt al of niet in combinatie met plantmateriaal ook grond aangevoerd. Aangenomen wordt dat deze grond circa 1 kg P₂O₅ per ton vochtige grond bevat (Hooda et al., 2000). De N die via vlinderbloemige hoofdgewassen en groenbemesters wordt aangevoerd is geschat volgens Tabel 8. De aanvoer van N en P in de vorm van organische mest bestaat uit de som van de aanvoer via maximaal drie giften. De aanvoer wordt berekend op basis van de opgegeven dosering (ton per ha), de gift-specifieke mestsoort (één van de 13 te kiezen soorten) en de aan die mestsoort verbonden forfaitaire gehalten (Tabel 9).

Tabel 8: Forfaitaire N-binding door vlinderbloemigen

Gewas	N-binding, kg N/(ha.jaar)
1 ^e jaars luzerne	300
Latere jaars luzerne	300
Stamslabonen	50
Erwten, verse oogst	100
Erwten, droge oogst	100
Tuinbonen, verse oogst	100
Veldbonen, droge oogst	100
Vlinderbloemige groenbemester	60

Tabel 9: Forfaitaire samenstelling van organische mesten (Den Boer et al., 2012)

Mestsoort	Samenstelling (kg/ton):						
	N-totaal	N-mineraal	Norg, 1 ^e jaar	Norg, latere jaren	P ₂ O ₅	Organische stof	Effectieve organische stof
Dikke fractie RDM	7.8	1.6	1.6	4.7	4.4	188	141
Dikke fractie VDM	10.5	3.8	4.5	2.2	12.4	116	39
Dunne fractie RDM	3.5	2.05	0.4	1.1	1.0	41	31
Dunne fractie VDM	6.4	4.75	1.1	0.5	3.0	28	9
GFT	12.8	1.2	1.2	10.4	6.3	242	218
groencompost	5	0.5	0.5	4.1	2.2	161	161
Mineralenconcentraat	7	6.6	0.3	0.1	0.4	12	4
Rundveedrijfmest, RDM	4.1	2	0.5	1.6	1.5	64	48
Vaste Rundveemest	5.3	0.9	1.1	3.3	2.8	152	114
Vaste Varkensmest	7.9	2.6	3.6	1.7	7.9	153	51
Varkensdrijfmest, VDM	7.1	4.6	1.7	0.8	4.6	43	14
Vergiste RDM	4.1	2.6	0.5	1.0	1.5	48	32
Vergiste VDM	7.1	5.2	1.3	0.6	4.6	32	11

De afvoer met hoofd- en bijproduct wordt berekend op basis van de opgegeven opbrengsten van de afzonderlijke gewassen (met de mogelijkheid van 2e en 3e teelten bij prei, andijvie, sla en spinazie), vermenigvuldigd met hun gewasspecifieke forfaitaire N- en P-gehalten (Tabel 10). Voor andere gewassen dan de 48 waaruit gekozen kan worden, geldt een forfaitaire afvoer van 150 kg N en 60 kg P₂O₅ per ha. Deze forfaitaire afvoer is gebaseerd op de gemiddelde afvoer van een bouwplan dat voor circa 25% uit wintertarwe, 25% uit consumptieaardappelen, 25% suikerbieten (zonder loofafvoer), en vijf maal 5% zomertarwe, zomergerst, zaaiuien, korrelmaïs en graszaad bestaat. Voor zover gewassen met een kluit worden afgevoerd, wordt aan de kluit een P-inhoud van circa 1 kg P₂O₅ per ton kluit toegekend (Hooda et al., 2000).

Het verschil tussen de totale N-aanvoer en de N-afvoer via hoofdproduct en bijproduct is het N-overschot.

Dat overschot bestaat uit een ammoniak-N verlies en het zogenaamde N-bodemoverschot. Het ammoniak-N verlies wordt becijferd op 0,9% van de totale kunstmest N-gift, 22% en 2% van de ammonium-N die in de vorm van, respectievelijk, ingewerkte en geïnjecteerde mest is toegediend en 3% van gegroeide N in hoofd- en bijproducten (Vertregt & Rutgers, 1987; Velthof et al., 2009). De hoeveelheid gegroeide N in hoofd- en bijproduct wordt berekend uit de al dan niet geoogste N in hoofd- en bijproducten door deze te vermenigvuldigen met de factor $100/(100-3)$. Van het N-bodemoverschot spoelt een deel uit als nitraat-N en de rest vervluchtigt in de vorm van N_2 en N_2O . Het uitspoelbare deel hangt af van (het areaalgewogen gemiddelde van) de aanwezige grondsoort(en) volgens Tabel 11. De hoeveelheid uitgespoelde nitraat-N wordt omgezet in een nitraatconcentratie via deling door een grondsoortspecifiek neerslagoverschot (Tabel 11) en vermenigvuldiging met de factor $62/14$ om van NO_3-N naar NO_3 te gaan.

4.3.1.2 Effectieve organische stof

De toevoer van effectieve organische stof (EOS, organische stof die 12 maanden na toediening nog aanwezig is) bestaat uit de som van de EOS die in de vorm van mest is toegediend en de EOS in de vorm van wortel- en stoppelresten, eventueel niet-afgevoerde bijproducten en bovengrondse gewasresten. Tabel 9 geeft EOS per ton mest, Tabel 10 de EOS per hectare geteeld gewas.

4.3.1.3 Gebruiksnormen

Op basis van opgegeven mestgiften, de N-werkingscoëfficiënten die daaraan moeten worden toegekend en de opgegeven kunstmest giften, kan per gewas berekend worden hoeveel werkzame N, hoeveel P en hoeveel mest-N per gewas gegeven is. Tabel 12 vermeldt de wettelijk toegekende N-werkingscoëfficiënten. Op basis van de arealen van de afzonderlijke gewassen kunnen ook de bedrijfsgemiddelde hoeveelheden werkzame N, totaal P en mest-N worden berekend. De uitkomst van deze berekening kan worden vergeleken met de bedrijfsgemiddeld toegestane hoeveelheden werkzame N, totaal P en mest-N. Tabel 13 vermeldt de toegestane hoeveelheden werkzame N per gewas. De toegestane hoeveelheid dierlijke mest bedraagt voor akkerbouwbedrijven maximaal 170 kg mest-N per ha per jaar, voor zover de P-gebruiksnorm dat althans toelaat. Tabel 14 vermeldt de P-gebruiksnorm op basis van de (areaal-gewogen gemiddelde) P-toestand.

Tabel 10: Forfaitaire N- en P-gehalten van hoofd- en bijproducten en hun effectieve organische stof (EOS) bijdrage (bronnen: Kennisakker.nl, Beukeboom (1996) en Timmer et al. (2004))

Gewas	Hoofdproduct			Bijproduct		
	Kg N per ton	Kg P ₂ O ₅ per ton	EOS, kg/ha	Kg N per ton	Kg P ₂ O ₅ per ton	EOS, kg/ha
Wintertarwe	20	7.8	1650	5.8	1.6	1000
Zomertarwe	19	7.8	1650	5.8	1.6	950
Wintergerst	17	8	1600	5.4	2.1	800
Zomergerst	15	8	1350	5.4	2.1	650
Rogge	14.9	7.3	1575	3.8	1.8	1050
Haver	17.9	7.6	1600	5.0	2.1	900
Korrelmaïs****	13.5	5.2	700	2.8	0.7	1350
Snijmaïs****	4.3	1.5	700			1350
Luzerne, vers, geen voordroog	5.8	1.4	1350*			
Graszaad, Engels Rg overjarig	21	10.1	2500	7.2	3.7	500
Suiker- en voederbieten	1.8	0.9	400	3.4	0.7	1000
Consumptieaardappelen	3.3	1.1	900			
Fabrieksaardappel	3.7	0.9	800			
Pootaardappel	3	1.1	900			
Winterkoolzaad	35.0	15.1	975			
Zaaiuien	2.2	0.7	300			
Plantuien	2.2	0.7	300			
Conservenerwten	7.5	1.6	500**	4.1	1.4	500**
Erwten, droog	34.6	9.4	500**	21.0	4.6	500**
Tuinbonen	10	3	850**	4.1	1.4	850**
Veldbonen, droog	40	13.1	850**	10.9	2.8	850**
Slabonen	3.6	1.1	650	3.1	1.1	
Spruitkool	5.5	2.1	1000**	5.6	1.5	1000**
Sluitkool	1.9	0.7	750**	2.3	0.9	750**
Bloemkool	2.6	0.9	500**	2.3	0.7	500**
Broccoli	4.7	1.3	500**	3.4	1.1	500**
Chinees kool	1.5	0.9	250**	1.7	0.7	250**
Krotten	2	0.7	250**	2.9	0.4	250**
Knolselderij	2	1.6	1000			
Witlof	2.3	1.4	600			
Cichorei	1.6	0.7	775			
Winter- en waspeen	1.5	0.7	700			
Bospeen	1.5	0.7	700**			
Prei	3	0.9	250**	3.0	0.7	250**
Sla	1.5	0.5	500**			
Andijvie	2.5	0.7	500**			
Spinazie	3.5	0.9	300**			
Aardbei	1.2	0.7	300**			
Lelie	2.6	1.1	560	1.8	0.4	500
Gladiool	2.8	1.3	530**	2.6	0.9	500
Tulp	3.0	0.9	505	1.9	0.5	500
Iris	4	1.4	530**	3.3	0.8	500
Narcis	2.6	1.0	530**	1.7	0.6	500
Krokus	4.0	1.9	530**	4.0	1.1	500
Overige gewassen***			1700			

*2050 voor latere jaars luzerne

** geschat totaal en/of geschatte verdeling over niet-afvoerbare en wel-afvoerbare gewasresten

*** EOS gebaseerd op een bouwplan met 25% wintertarwe, 25% consumptieaardappelen, 25% suikerbieten (met afvoer van loof) en vijf maal 5% zomertarwe, zomergerst, zaaiuien, korrelmaïs en graszaad.

**** zie Bijlage 2 voor uitgangspunten.

Tabel 11: Uitspoelfractie en neerslagoverschot om het N-bodemoverschot in een nitraat-N concentratie om te zetten (Fraters et al., 2012)

	Veen	Klei	Zand:			
			Nat	Matig droog	Löss	Droog
Uitspoelfractie, kg N/kg N	0.12	0.34	0.39	0.59	0.67	0.75
Neerslagoverschot, mm	381	353	358	332	332	332

Tabel 12: Wettelijke N-werkingscoëfficiënt (kg N per 100 kg totaal N toegediend) van organische mest

Mestsoort	Klei:		Zuidelijk Zand	Overig Zand
	Sept-Januari	Overige jaar		
Dikke fractie RDM	30	40	40	40
Dikke fractie VDM	55	55	55	55
Dunne fractie RDM	80	80	80	80
Dunne fractie VDM	80	80	80	80
GFT	10	10	10	10
groencompost	10	10	10	10
Mineralenconcentraat	100	100	100	100
Rundveedrijfmest, RDM	60	60	60	60
Vaste Rundveemest	30	40	40	40
Vaste Varkensmest	55	55	55	55
Varkensdrijfmest, VDM	60	60	80	80
Vergiste RDM	60	60	60	60
Vergiste VDM	60	60	80	80

Tabel 13: N-gebruiksnormen (kg N per ha)

Gewas:	Klei	Zuidelijk zand	Löss	Overig zand	Veen
Wintertarwe	245	160	190	160	160
Zomertarwe	150	140	140	140	140
Wintergerst	140	140	140	140	140
Zomergerst	80	80	80	80	80
Rogge	140	140	140	140	140
Haver	100	100	100	100	100
Korrelmaïs	160	112	112	140	150
Snijmaïs	160	112	112	140	150
Luzerne, 1 ^e jaar	40	40	40	40	40
Luzerne, latere jaren	0	0	0	0	0
Graszaad, Engels raaigras overjarig	200	148	148	185	190
Suiker- en voederbieten	150	116	116	145	145
Consumptieaardappelen, hoge norm	275	208	204	260	270
Consumptieaardappelen, overig	250	188	184	235	245
Consumptieaardappel, lage norm	225	168	164	210	220
Fabrieksaardappel	240	184	184	230	230
Pootaardappel, hoge norm	140	140	140	140	140
Pootaardappel, overig	120	120	120	120	120
Pootaardappelen, lage norm	100	100	100	100	100
Winterkoolzaad	205	152	152	190	195
Zaaiuien	170	120	120	120	120
Plantuien	170	124	124	155	160
Conservenerwten	30	30	30	30	30
Erwten, droog	30	30	30	30	30
Tuinbonen	75	75	75	75	75
Veldbonen, droog	50	40	50	50	50
Slabonen	120	88	88	110	115
Spruitkool	290	212	212	265	275
Sluitkool	320	232	232	290	305
Bloemkool	230	168	168	210	220
Broccoli	270	188	188	235	245
Chinees kool	180	124	124	155	160
Kroten	185	136	136	170	175
Knolselderij	200	148	148	185	190
Witlof	100	100	100	100	100
Cichorei	110	110	100	110	110
Winter- en waspeen	110	110	110	110	110
Bospeen	50	50	50	50	50
Prei, 1 ^e teelt	245	180	180	225	235
Prei, 2 ^e en 3 ^e teelt	245	180	180	225	235
Sla, 1 ^e teelt	180	132	132	165	170
Sla, 2 ^e en 3 ^e teelt	105	84	84	105	105
Andijvie, 1 ^e teelt	180	136	136	170	170
Andijvie, 2 ^e en 3 ^e teelt	90	72	72	90	90
Spinazie, 1 ^e teelt	260	152	152	190	200
Spinazie, 2 ^e en 3 ^e teelt	185	116	116	145	150
Aardbei	170	124	124	155	160
Lelie	155	145	145	145	145
Gladiool	260	245	245	245	245
Tulp	200	190	190	190	190
Iris	170	160	160	160	160
Narcis	145	140	140	140	140
Krokus	175	165	165	165	165
Laan- en parkbomen	90	90	90	90	90
Vruchtbomen	135	105	105	105	105
Struiken en heesters	80	80	80	80	80
Vaste planten	175	175	175	175	175
Overige gewassen	200	148	148	185	190
Niet-vlinderbloemige groenbemester	60	50	50	50	60
Wel-vlinderbloemige groenbemester	30	25	25	25	30
Vanggewassen, wettelijk verplicht	n.v.t.	0	0	0	n.v.t.
Braak	0	0	0	0	0

Tabel 14: P-gebruiksnormen (2015 en verder) in afhankelijkheid van de P-toestand

Pw-toestand:		Gift, kg P ₂ O ₅ per ha per jaar
Hoog	55	50
Voldoende	36-55	60
Laag	36	75

4.3.2 Prognosemodule

In de prognosemodule verlopen alle berekeningen op dezelfde wijze als in de opgavemodule (paragraaf 2.2.1) met dit verschil dat afvoer niet wordt berekend als de opgegeven opbrengst vermenigvuldigd met een forfaitair gehalte, maar berekend op basis van de beschikbare N en de bedrijfsspecifieke N responscurve (paragraaf 2.1). De beschikbare N is de som van de beschikbare N uit de bronnen N_{min} voorjaar, depositie, veenmineralisatie, biologische N-binding inclusief die van vlinderbloemige groenbemesters, kunstmest-N, de 1^e jaars N-werking van organische mest, de (latere jaars) nawerking van N uit mest, gewasresten en groenbemesters. De nawerking van N uit mest, gewasresten en groenbemesters wordt geacht in gelijke mate ten goede te komen aan alle aanwezige gewassen omdat niet bekend is hoe gewassen elkaar opvolgen. De bijdragen uit N_{min} voorjaar en nawerking kunnen alleen dan in stand blijven als tegenover hun bijdragen aan de aanvoerszijde, een even grote uitboeking staat aan de afvoerszijde van de balans ('onderhoud bodemvruchtbaarheid'). Deze termen zijn in die zin kruisposten die op bedrijfsniveau in evenwicht met elkaar zijn. De uitboeking vindt voor wat betreft N_{min} plaats bij alle gewassen, voor wat betreft organische mest bij alleen die gewassen die organische mest ontvingen en voor wat betreft groenbemesters bij alle gewassen waarna in beginsel een groenbemester geteeld zou kunnen worden. De vastlegging van N in een groenbemester is, tenzij anders opgegeven, gemaximeerd op 50 kg N per ha in een niet-vlinderbloemige groenbemester en 60 kg N per ha in een wel-vlinderbloemige groenbemester. Het product van deze hoeveelheden per hectare en het totaal aantal aanwezige hectares groenbemesters wordt dus als uit te boeken post uitgemiddeld over het totaal aantal hectares van de gewassen waarna in potentie een groenbemester geteeld zou kunnen worden.

De beschikbaarheid van elk van de voornoemde N-bronnen wordt behalve door de benuttingsfactor (paragraaf 2.1) vooral door de N-werkingscoëfficiënten van elk van de bronnen bepaald (Tabel 15). Deze N-werkingscoëfficiënten hebben betrekking op de werking die in werkelijkheid plausibel is. Die werking is voor wat betreft organische mest niet noodzakelijkerwijs hetzelfde als de wettelijke N-werking (Tabel 12).

Tabel 15: De veronderstelde N-werking van de diverse N-bronnen

N-bron	N-werking (kg N per kg N toegediend)
Minerale bodem N in voorjaar	1.000
Kunstmest	0.991
Atmosferische depositie	0.600
Biologisch gebonden N in hoofdgewas	1.000
Biologisch gebonden N in groenbemester	0.600
Mineraliserend veen	0.600
Oogstverliezen en gewasresten	0.600
Gerecycleerde gewasresten via erf (voorjaarstoediening)	0.600
Groenbemester	0.600
Mineraliserende organisch gebonden mest-N, toediening in maart-juli	0.600 x 1.00
Mineraliserende organisch gebonden mest-N, toediening in augustus	0.600 x 0.10
Mineraliserende organisch gebonden mest-N, toediening in september	0.600 x 0.16
Mineraliserende organisch gebonden mest-N, toediening in oktober	0.600 x 0.22
Mineraliserende organisch gebonden mest-N, toediening in november	0.600 x 0.28
Mineraliserende organisch gebonden mest-N, toediening in december	0.600 x 0.34
Mineraliserende organisch gebonden mest-N, toediening in januari	0.600 x 0.40
Mineraliserende organisch gebonden mest-N, toediening in februari	0.600 x 0.70
Minerale mest-N, toediening in maart-juli	1.000.600 x 1.00
Minerale mest-N, toediening in augustus	1.000 x 0.10
Minerale mest-N, toediening in september	1.000 x 0.16
Minerale mest-N, toediening in oktober	1.000 x 0.22
Minerale mest-N, toediening in november	1.000 x 0.28
Minerale mest-N, toediening in december	1.000 x 0.34
Minerale mest-N, toediening in januari	1.000 x 0.40
Minerale mest-N, toediening in februari	1.000 x 0.70

5 Literatuur

- Anonymus, 2012. Kwantitatieve informatie Akkerbouw- en Vollegrondsgroenteteelt 2012. PPO nr. 486.
- Beukeboom, J.A., 1996. Forfaitaire gehalten voor de mineralenboekhouding (In Dutch). Informatie- en Kennis Centrum Landbouw, Ede, 22 pp.
- De Haan, J.J. & W.C.A. Van Geel, 2013. Adviesbasis voor de bemesting van Akkerbouw- en Vollegrondsgroentegewassen. PPO-AGV, Lelystad, 116 pp.
- Dekkers, W.A. (red), 2002. Kwantitatieve informatie Akkerbouw- en Vollegrondsgroenteteelt 2002. PPO nr. 301.
- Den Boer, D.J., J.A. Reijneveld, J.J. Schröder & J.C. Curth-van Middelkoop, 2012. Mestsamenstelling in Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen. Rapport 1, Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, Lelystad, 24 pp.
- Dijk, W. van, H. Prins, M.H.A. de Haan, A.L. Smit, J.F.F.P. Bos, J.R. van der Schoot, R. Schreuder, J.W. van der Wekken, A.M. van Dam, H. van Reuler & R. van der Maas, 2007. Economische consequenties op bedrijfsniveau van het gebruiksnormenstelsel 2006-2009 voor de melkveehouderij en akker- en tuinbouw. Studie i.k.v. Evaluatie Meststoffenwet 2007. PPO nr. 365
- Dijk, W. van, J. Spruijt, W. Runia & W. van Geel. 2012. Verruiming vruchtwisseling in relatie tot mineralenbenutting, bodemkwaliteit en bedrijfseconomie op akkerbouwbedrijven. PPO nr. 527
- Europese Commissie, 2011. Farming practices in relation to water pollution risks Recommendations for establishing Action Programmes under Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Report B. Directorate Environment, Brussel, 123 pp.
- Europese Commissie, 2014. Uitvoeringsbesluit van de Commissie tot verlenging van een door Nederland gevraagde derogatie op grond van de Richtlijn 91/676/EEG van de Raad inzake de bescherming van water tegen verontreiniging van nitraten uit agrarische bronnen. Brussel, 10 pp.
- Everaarts, A.P. & P. de Willigen, 1999. The effect of nitrogen and the method of application on the yield and quality of broccoli. *Neth. J. Agric. Sci.* 47, 123-133.
- Fraters B, T.C. van Leeuwen, A. Hooijboer A, M.W. Hoogeveen, L.J.M. Boumans & J.W. Reijs, 2012. De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven: Herberekening van uitspoelfracties. Rapport 680716006. RIVM, Bilthoven, 33 pp.
- Hooda, P.S., A.R. Rendell, A.C. Edwards, P.J.A. Withers, M.N. Aitken & V.W. Truesdale, V.W., 2000. Relating soil phosphorus indices to potential phosphorus release to water. *J. Environ. Qual.* 29, 1166-1171.
- Kuikman, P.J., J.J.H. van den Akker & F. de Vries, 2005. Emissie van N₂O en CO₂ uit organische landbouwbodems. Rapport 1035-2, Alterra, Wageningen, 66 pp.
- Min EZ, 2013. Vijfde Nederlandse Actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2014-2017). Ministerie van Economische Zaken, 's-Gravenhage, 88 pp.
- Schoot, J.R., B.H.C. van der Waal & W. van Dijk. 2004. Kosteneffectieve maatregelenpakketten bij mineralenbeleid verdergaand dan Minas. PPO 336.
- Schröder, J.J., 2014. The position of mineral nitrogen fertilizer in efficient use of nitrogen and land: a review. *Natural Resources* Vol.5, 936-948, doi.org/10.4236/nr.2014.515080
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems, 2007. Permissible manure and fertilizer use in dairy farming systems on sandy soils in The Netherlands to comply with the Nitrates Directive target. *European Journal of Agronomy* 27, 102-114.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, G.L. Velthof, J.W. Reijs & B. Fraters, 2009. Nitrates Directive requires limited inputs of manure and mineral fertilizer in dairy farming systems. Report 222. *Plant Research International*, Wageningen, 37 pp.
- Schröder, J.J., W. van Dijk & H. Hoek, 2011. Modelmatige verkenningen naar de relaties tussen stikstofgebruiksnormen en de waterkwaliteit van landbouwbedrijven. Rapport 415, *Plant Research International*, Wageningen UR, Wageningen, 52 pp.
- Schröder, J.J., G.D. Vermeulen, J.R. van der Schoot, W. van Dijk, J.F.M. Huijsmans, G.J.H.M. Meuffels & D.A. van der Schans, 2015. Maize yields benefit from injected manure positioned in bands. *European Journal of Agronomy* 64, 29-36. (DOI: :10.1016/j.eja.2014.12.011)

- Smit, A.L. (eindredactie), 2003. Kosteneffectieve maatregelen(pakketten) om voor de sectoren vollegrondsgroenten, bollen en veehouderij te voldoen aan MINAS2003-eindnormen. PRI-rapport 61. W. van Dijk, J.R. van der Schoot, B.H.C. van der Waal & A.L. Smit, Sector vollegrondsgroenten, p 53-76.
- Timmer, R.D., G.W. Korhals & L.P.G. Molendijk, 2004. Teelthandleiding groenbemesters. PPO-AGV Lelystad; <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/teelthandleiding-groenbemesters-bijlage-organische-stof>
- Van Dijk, W. & G. Brouwer, 1998. Nitrogen recovery and dry matter production of silage maize (*Zea mays* L.) as affected by subsurface band application of mineral nitrogen fertilizer. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 46: 139-155.
- Van Dijk, W., H.F.M. ten Berge, A.M. ten Dam, W.C.A. van Geel & J.R. van der Schoot, 2007. Effecten van een verlaagde stikstofbemesting op marktbaar opbrengst en stikstofopname van akker- en tuinbouwgewassen Wageningen : Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, (PPO 366) - p. 186.
- Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoozeveld & J.F.M. Huijsmans, 2009. Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland, Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 70. 180 pp.
- Vertregt, N. & B. Rutgers, 1987. Ammoniak-emissie uit grasland. Verslag nr. 65, Nederlands Zure Regenprogramma rapport 64-I, CABO, Wageningen, 23 pp.
- Wolf, M. de, A. van der Klooster, 2006. Kwantitatieve informatie Akkerbouw- en Vollegrondsgroenteteelt 2006. PPO nr. 354.

Bijlage 1 Karakterisering bedrijven

Bijlage 1a: Karakterisering bedrijf Noordelijke Zeeklei (NZK, 100% klei)

		Gewas:					
		Pootgaard.	Suikerbiet	W. tarwe	Uien		Groenbem.
Aandeel	Ha/ha	0.33	0.20	0.40	0.07		0.40
Hoofdproduct	Ton/ha	35.0	71.8	9.2	67.0		
Bijproduct	Ton/ha			4.6			
N-gebruiksnorm	Kg N/ha	120	150	245	170		60
Mestontvanger				ja			ja
Mestsoort				VDM			VDM
Toedieningswijze				Injectie			Injectie
Toedieningstijdstip				Maart			Augustus
Gift	Kg P ₂ O ₅ /ha			75			75
	Kg N/ha			115			115
Wettelijke N-werking	Kg/kg			0.60			0.60

Bijlage 1b: Karakterisering bedrijf Centrale Zeeklei (CZK, 100% klei)

		Gewas:						
		Consump	Suikerbiet	W. tarwe	Uien	W. peen	Witlof	Groenbem.
		-tie aard.						
Aandeel	Ha/ha	0.25	0.20	0.30	0.125	0.065	0.06	0.30
Hoofdproduct	Ton/ha	55.0	83.1	9.2	67.0	87.5	28.1	
Bijproduct	Ton/ha			4.6				
N-gebruiksnorm	Kg N/ha	250	150	245	170	110	100	60
Mestontvanger				ja				ja
Mestsoort				VDM				VDM
Toedieningswijze				Injectie				Injectie
Toedieningstijdstip				Maart				Augustus
Gift	Kg P ₂ O ₅ /ha			100				100
	Kg N/ha			153				153
Wettelijke N-werking	Kg/kg			0.60				0.60

Bijlage 1c: Karakterisering bedrijf Zuidwestelijke Zeeklei (ZWK, 100% klei)

		Gewas:					
		Consump	Suikerbiet	W. tarwe	Uien	Graszaad	Groenbem.
		-tie aard.					
Aandeel	Ha/ha	0.20	0.20	0.40	0.15	0.05	0.40
Hoofdproduct	Ton/ha	50.0	75.0	9.2	56.0	1.7	
Bijproduct	Ton/ha			4.6		6.0	
N-gebruiksnorm	Kg N/ha	250	150	245	170	200	60
Mestontvanger				ja			ja
Mestsoort				VDM			VDM
Toedieningswijze				Injectie			Injectie
Toedieningstijdstip				Maart			Augustus
Gift	Kg P205/ha			75			75
	Kg N/ha			115			115
Wettelijke N-werking	Kg/kg			0.60			0.60

Bijlage 1d: Karakterisering bedrijf Noordoost Nederland, zand- en dalgrond (NON1, 48% Gt IV, 52% Gt VII)

		Gewas:			
		Fabrieks-	Suikerbiet	Z. gerst	Groenbem.
		aard.			
Aandeel	Ha/ha	0.50	0.167	0.333	0.333
Hoofdproduct	Ton/ha	43.0	70.1	5.9	
Bijproduct	Ton/ha				
N-gebruiksnorm	Kg N/ha	230	145	80	50
Mestontvanger		ja	ja	ja	
Mestsoort		VDM	VDM	VDM	
Toedieningswijze		Injectie	Injectie	Injectie	
Toedieningstijdstip		Maart	Maart	Maart	
Gift	Kg P ₂ O ₅ /ha	60	60	60	
	Kg N/ha	92	92	92	
Wettelijke N-werking	Kg/kg	0.80	0.80	0.80	

Bijlage 1e: Karakterisering bedrijf Zuidoost Nederland, zandgrond (ZON2, 50% Gt IV, 50% Gt VII)

		Gewas:					
		Consump	Suikerbiet	Snijmais	W. peen	Slaboon, dubbelteelt	Vanggewas
		-tie aard.					
Aandeel	Ha/ha	0.375	0.125	0.25	0.125	0.125	0.25
Hoofdproduct	Ton/ha	56.0	69.7	48.0	85.0	18	
Bijproduct	Ton/ha						
N-gebruiksnorm	Kg N/ha	188	116	112	110	176	0
Mestontvanger		ja	ja	ja	ja		
Mestsoort		VDM	VDM	VDM	VDM		
Toedieningswijze		Injectie	Injectie	Injectie	Injectie		
Toedieningsstijdstip		Maart	Maart	Maart	Maart		
Gift	Kg P2O5/ha	69	69	69	69		
	Kg N/ha	105	105	105	105		
Wettelijke N-werking	Kg/kg	0.80	0.80	0.80	0.80		

Bijlage 1f: Karakterisering bedrijf Lössgebied (LÖSS, 50% Gt VI, 50% Gt VII)

		Gewas:					
		Consump	Suikerbiet	W. tarwe	Z. gerst	W. peen	Groenbem.
		-tie aard.					
Aandeel	Ha/ha	0.25	0.25	0.23	0.22	0.05	0.45
Hoofdproduct	Ton/ha	56.0	70.0	8.3	6.4	85	
Bijproduct	Ton/ha			4.6			
N-gebruiksnorm	Kg N/ha	184	116	190	80	110	50
Mestontvanger		ja	ja		ja	ja	ja
Mestsoort		VDM	VDM		VDM	VDM	VDM
Toedieningswijze		Injectie	Injectie		Injectie	Injectie	Injectie
Toedieningsstijdstip		Maart	Maart		Maart	Maart	Augustus
Gift	Kg P ₂ O ₅ /ha	49	49		49	49	49
	Kg N/ha	75	75		75	75	75
Wettelijke N-werking	Kg/kg	0.80	0.80		0.80	0.80	0.80

Bijlage 1g: Karakterisering groentebedrijf met kool en pootaardappelen, zavelgrond (VGG1, 100% klei)

		Gewas:							
		Pootaard	Bloemko	Broccoli	Bospeen	Sla, dubbelteelt	Prei	Spinazie dubbelteelt	Andijvie dubbelteelt
Aandeel	Ha/ha	0.20	0.40	0.40					
Hoofdproduct	Ton/ha	35.0	26.0	10.5					
Bijproduct	Ton/ha								
N-gebruiksnorm	Kg N/ha	120	230	270					
Mestontvanger		ja	ja	ja					
Mestsoort		VDM	VDM	VDM					
Toedieningswijze		Injectie	Injectie	Injectie					
Toedieningstijdstip		Maart	Maart	Maart					
Gift	Kg P ₂ O ₅ /ha	60	60	60					
	Kg N/ha	92	92	92					
Wettelijke N-werking	Kg/kg	0.60	0.60	0.60					

Bijlage 1h: Karakterisering groentebedrijf met bladgroenten in Zuidoost Nederland, zandgrond (VGG4, 48% Gt IV, 52% Gt VII)

		Gewas:							
		Pootaard	Bloemkool	Broccoli	Bospeen	Sla, dubbelteelt	Prei	Spinazie dubbelteelt	Andijvie dubbelteelt
Aandeel	Ha/ha					0.33	0.33	0.34	
Hoofdproduct	Ton/ha					44.8/44.8	45	37.5/25	
Bijproduct	Ton/ha								
N-gebruiksnorm	Kg N/ha					132/84	180	152/116	
Mestontvanger						ja	ja	ja	
Mestsoort						VDM	VDM	VDM	
Toedieningswijze						Injectie	Injectie	Injectie	
Toedieningstijdstip						Maart	Maart	Maart	
Gift	Kg P ₂ O ₅ /ha					60	60	60	
	Kg N/ha					92	92	92	
Wettelijke N-werking	Kg/kg					0.80	0.80	0.80	

Bijlage 1i: Karakterisering groentebedrijf met bladgroenten en wortelen in Zuidoost Nederland, zandgrond (VGG5, 48% Gt IV, 52% Gt VII)

		Gewas:							
		Pootgaard	Bloemkool	Broccoli	Bospeen	Sla, dubbelteelt	Prei	Spinazie dubbelteelt	Andijvie dubbelteelt
Aandeel	Ha/ha			0.125	0.125		0.625		0.125
Hoofdproduct	Ton/ha			10.5	28.0		45		40/45
Bijproduct	Ton/ha								
N-gebruiksnorm	Kg N/ha			188	50		180		136/72
Mestontvanger				ja			ja		ja
Mestsoort				VDM			VDM		VDM
Toedieningswijze				Injectie			Injectie		Injectie
Toedieningstijdstip				Maart			Maart		Maart
Gift	Kg P ₂ O ₅ /ha			69			69		69
	Kg N/ha			105			105		105
Wettelijke N-werking	Kg/kg			0.80			0.80		0.80

Bijlage 2. Opbrengsten en gehalten van snijmaïs en korrelmaïs

Omdat korrelmaïs kan worden gezien als een snijmaïs waarvan alleen de korrels worden geoogst en de overige delen (stro, spil, schutblad), in tegenstelling tot de situatie bij de teelt van snijmaïs, als gewasrest op het land achterblijven, moeten er logische verbanden bestaan tussen de opbrengsten (en N en P₂O₅ onttrekkingen) van snijmaïs en korrelmaïs. Bronnen zijn echter niet consistent. Voor het doel van de berekeningen in dit rapport is consistentie wel noodzakelijk. In deze bijlage wordt beschreven hoe tot die consistentie gekomen is.

We gaan uit van een snijmaïsoopbrengst van 16 ton DS per ha die voor 8,5 ton DS uit korrel bestaat en 7.5 ton DS uit gewasrest. Bijgevolg bedraagt de opbrengst van korrelmaïs, omwille van consistentie, 8.5 ton DS per ha. We nemen aan dat snijmaïs in de DS bij optimale bemesting 1,29% N (Schröder et al., 1998) en 0.45% P₂O₅ (Schröder & Ehlert, 1998) bevat. Verder nemen we aan het DS% van snijmaïs bij de oogst 33% bedraagt, van korrelmaïs bij de oogst 75% bedraagt (25% vocht) en van de korrelmaïsgewasrest 40% bedraagt. Met toepassing van deze DS% zijn de N% en P% (P₂O₅% = 2,29 x P%) in verse snijmaïs, korrelmaïs en korrelmaïstro, zoals vermeld in Beukeboom (1996), om te zetten naar N% en P₂O₅% in de DS. Omdat Beukeboom (1996) niet aangeeft van welke DS% is uitgegaan, zijn de N% en P₂O₅% uit Beukeboom (1996), gecombineerd met eerder genoemde DS-opbrengsten van korrel en gewasrest, alleen gebruikt om de verdeling van de totale N en P₂O₅ opbrengst over korrel en stro te berekenen. Met dat gegeven zijn het uiteindelijke N% en P₂O₅% in de DS berekend die in dit rapport voor korrelmaïs en korrelmaïstro gehanteerd zijn. Het eindresultaat staat in onderstaande tabel.

gewas	fractie	ton DS/ha	DS%	ton vers/ha	gehalten in:				onttrekking, kg/ha	
					vers (kg/ton)		droog (% in DS)		N	P ₂ O ₅
					N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅		
korrelmaïs	korrel	8.5	75	11.3	13.5	5.2	1.81	0.69	153	59
	gewasrest	7.5	40	18.8	2.8	0.7	0.71	0.18	53	13
	totaal	16.0	53	30.1	6.9	2.4	1.29	0.45	206	72
snijmaïs	totaal	16.0	33	48.5	4.3	1.5	1.29	0.45	206	72

Beukeboom, J.A., 1996. Forfaitaire gehalten voor de mineralenboekhouding. Informatie- en Kennis Centrum Landbouw, Ede, 22 pp.

Schröder, J.J. & P.A.I. Ehlert, 1998. Fosfaatbeheer bij de teelt van maïs. In: Habekotté, B., H.F.M. Aarts, W.J. Corré, G.J. Hilhorst, H. van Keulen, J.J. Schröder, O.F. Schoumans & F.C. van der Schans (Eds.) Duurzame melkvee-houderij en fosfaatmanagement; themadag De Marke. AB-rapport 92, Wageningen, 87-100.

Schröder, J.J., J.J. Neeteson, J.C.M. Withagen & I.G.A.M. Noij, 1998. Effects of N application on agronomic and environmental parameters in silage maize production on sandy soils. Field Crops Research 58, 55-67.