

Emissie-neutrale Akkerbouw

In opdracht van en gefinancierd door:



PRODUCTSCHAP AKKERBOUW

Dit project is uitgevoerd door:

Auteur: J.J. Schröder

Organisatie: Wageningen UR, Plant
Research International, BU
Agrosysteemkunde

Projectnummer:

Dit project maakt deel uit van het Masterplan Mineralenmanagement (MMM). Het MMM is een initiatief van LTO Nederland, de Nederlandse Akkerbouw Vakbond en het Productschap Akkerbouw. Binnen het MMM voeren diverse partijen gezamenlijk onderzoeks- en voorlichtingsprojecten uit op het gebied van bodem, bemesting en water.

Dit rapport is eveneens terug te vinden op www.kennisakker.nl.



Voor uw vragen over het MMM kunt u zich wenden tot Tjitse Bouwkamp (PA).

Louis Braillelaan 80 • Postbus 908 • 2700 AX Zoetermeer
☎ 070 379 75 13 • ✉ mmm@hpa.agro.nl • www.kennisakker.nl

Dit rapport is een uitgave van Wageningen UR, Plant Research International, Business Unit Agrosysteemkunde.

© Wageningen, 19 februari 2013

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 Wageningen UR, Plant Research International, BU Agrosysteemkunde.

Hoewel de inhoud van deze uitgave met zorg is samengesteld, kunnen hieraan op geen enkele wijze rechten worden ontleend.

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting.....	5
1. Inleiding.....	6
<i>Emissie-neutraal niet zonder verliezen.....</i>	<i>6</i>
<i>Emissies in natuurlijke situaties: stikstof.....</i>	<i>6</i>
<i>Emissies in natuurlijke situaties: fosfaat.....</i>	<i>8</i>
<i>Vertaling van natuur naar landbouw.....</i>	<i>9</i>
<i>Waarom meer emissies uit landbouw dan uit natuur.....</i>	<i>10</i>
<i>Op weg naar emissie-neutrale akkerbouw.....</i>	<i>11</i>
2. Methode.....	12
<i>N-concentraties en P-overschot.....</i>	<i>12</i>
<i>Uitgangspunten en scenario's.....</i>	<i>13</i>
<i>Organische stof.....</i>	<i>15</i>
3. Resultaten.....	17
<i>Noordelijke Zeeklei.....</i>	<i>17</i>
<i>Centrale Zeeklei (Noordoostpolder).....</i>	<i>17</i>
<i>Centrale Zeeklei (Zuidelijk en Oostelijk Flevoland).....</i>	<i>18</i>
<i>Zuidwestelijke Zeeklei.....</i>	<i>19</i>
<i>Noordoostelijk Zand- en Dalgrondgebied.....</i>	<i>19</i>
<i>Zuidoostelijk Zandgebied.....</i>	<i>20</i>
<i>Loessgebied.....</i>	<i>21</i>
<i>Organische stof.....</i>	<i>22</i>
4. Discussie.....	31
<i>Algemeen.....</i>	<i>31</i>
<i>Kanttekeningen bij de berekeningen.....</i>	<i>33</i>
<i>Bodemvruchtbaarheid.....</i>	<i>34</i>
<i>Biodiversiteit.....</i>	<i>35</i>
5. Conclusies.....	36
6. Literatuur.....	38

Samenvatting

Het Masterplan Mineralen Management (MMM) streeft naar een emissie-neutrale akkerbouw in 2030 waarbij de verliezen van nutriënten naar bodem, water en lucht niet hoger zijn dan die vanuit onbemeste gronden, met maximaal rendement en maximaal gebruik van biodiversiteit. De huidige emissies van N en P vanuit de akkerbouw naar grond- en oppervlaktewater zijn aanmerkelijk hoger dan die vanuit onbemeste grond. Dat is een consequentie van het streven om zuinig met grond om te gaan, maar ook een gevolg van de wijze waarop de akkerbouw is ingericht. De emissies vanuit de huidige akkerbouw kunnen verkleind worden door aanpassing van de hoogte van (kunst)mestgiften en de aard van de gebruikte meststoffen, de aangenomen en gerealiseerde N- en P-werkingen van meststoffen, de hoeveelheid afgevoerde nutriënten, bouwplanaanpassingen, of combinaties van de voornoemde maatregelen. Aan deze thema's werkt MMM.

In het kader van het hier gepresenteerde MMM-project zijn de effecten van een aantal van voornoemde maatregelen becijferd met een rekenmodel. Dat model beperkt zich tot technische uitkomsten met voorbijgaan aan economische gevolgen. Uit de berekeningen blijkt dat emissie-neutraliteit van de Nederlandse akkerbouw mogelijk is, maar dat dit een drastische aanpassing van de bemesting vereist. Die aanpassing heeft onder meer betrekking op een verlaging van (kunst)mestgiften. Dit zal, afhankelijk van de nagestreefde mate van emissie-neutraliteit, tot een daling van bodemvruchtbaarheid en opbrengsten leiden. Deze daling zal vooralsnog niet volledig door aanvullende technische maatregelen kunnen worden opgevangen. Dat betekent dat het streven naar een emissie-neutrale akkerbouw op zijn minst op gespannen voet staan met de productie van een gevarieerd voedselpakket en bio-based grondstoffen als alternatief voor fossiele grondstoffen, tenzij meer natuur in landbouwgrond wordt omgezet of landbouwgrond elders intensiever gebruikt wordt. Winst aan biodiversiteit op de ene plek, zal daarom ten koste kunnen gaan van biodiversiteit elders. Een ontwikkeling in de richting van een emissie-neutrale akkerbouw dient dan ook afgewogen te worden tegen de maatschappelijke prijs die daarvoor op andere terreinen betaald moet worden. Het lijkt daarom zinniger om na te gaan welk emissieniveau toelaatbaar is om specifieke vormen van biodiversiteit in een zekere omvang en met een zekere nabijheid te kunnen behouden, dan om de akkerbouw kost-wat-kost niet meer dan onbemeste gronden te laten emitteren.

1. Inleiding

Emissie-neutraal niet zonder verliezen

Het Masterplan Mineralen Management (MMM) van LTO, NAV en PA streeft na om in 2030 een emissie-neutrale akkerbouw te hebben gerealiseerd. Het niveau van emissie dat hierbij hoort, is vooralsnog gedefinieerd als de emissie van nutriënten die optreedt vanuit een niet-bemeste bodem. Omdat er in natuurgebieden in beginsel niet bemest wordt, ligt het voor de hand om te kijken naar de emissie van nutriënten uit natuurgebieden.

In een permanent begroeide natuurlijke vegetatie zoals een bos of steppe krijgen nutriënten weliswaar veel minder kans om uit de intensief en permanent bewortelde bodem te ontsnappen, maar helemaal zonder verliezen van fosfaat (P) en stikstof (N) zijn die systemen niet. Zo zal, afhankelijk van bodem- en klimaatomstandigheden, enige P verloren kunnen gaan door water- en winderosie. Na verloop van tijd raken deze verliezen in evenwicht met de aanvoer van 'nieuwe' P via de verwerking van bodemdeeltjes en de depositie via wind en water. Daarnaast zorgen 'wilde' dieren via hun mest en urine voor herverdeling van P tussen gebieden. Natuurlijke systemen verliezen naast P ook N. De hoeveelheid en aard hangen opnieuw af van bodem en klimaat en de wisselwerkingen tussen een vegetatie en zijn dierlijke bewoners. Zo zal in een regenrijk klimaat als het onze ook vanuit natuurgebieden N als nitraat (NO_3) uitspoelen of ten gevolge van denitrificatie als lachgas (N_2O) vervluchtigen. Uit de mest van 'wilde' dieren komt bovendien net zo goed ammoniak (NH_3) vrij als uit de mest van landbouwhuisdieren. De natuur compenseert die verliezen met de aanvoer van 'nieuwe' N via de biologische binding door vlinderbloemigen en via depositie van N die tijdens onweersbuien gebonden wordt. 'Onbemest' en 'natuurlijk' is dus niet hetzelfde als 'geheel geen verlies'.

Emissies in natuurlijke situaties: stikstof

Wat zijn nu die onvermijdbare N en P verliezen onder Nederlandse omstandigheden? Meetnetten van het RIVM bekijken niet alleen de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater in de nabijheid van landbouw, maar ook die in natuurlijke situaties. Voor wat betreft N in het grondwater wordt daarbij met name gekeken naar nitraat-N. Dat accent op nitraat vloeit voort uit het feit dat die verbinding de belangrijkste N-component van grondwater is (Schröder et al., 2009) en nitraat geacht wordt consequenties te hebben voor de menselijke gezondheid (European Commission, 1991). Voor wat betreft N in het oppervlaktewater ligt het accent van de metingen niet op nitraat-N maar op totaal-N. De ecologische kwaliteit van oppervlaktewater wordt namelijk niet alleen door nitraat-N maar ook door andere N-verbindingen bepaald.

Het lijkt voor de hand te liggen om de maagdelijke toestand van grondwater af te leiden uit de kwaliteit van dieper gelegen grondwater dat nog nooit beïnvloed zal zijn geweest door landbouw. De concentraties die daar gevonden worden, zijn over het algemeen zeer laag. Hierbij moet echter wel bedacht worden dat die lage concentraties niet alleen een verdienste zijn van de afwezigheid van de invloeden van landbouw, maar hun oorzaak ook vinden in denitrificatie van nitraat-N tijdens het neerwaarts transport van water. Die processen vinden echter ook in grondwater onder natuurgebieden plaats en staan daarmee los van de vraag of landbouw tot meer emissie leidt dan natuur.

Wat betreft het ondiepe, bovenste grondwater blijkt uit onderzoek dat de nitraat-N concentratie onder melkveehouderijbedrijven 1-2 maal zo hoog ligt als onder natuurgebieden en het grondwater onder akkerbouwbedrijven zelfs 2-4 maal zo hoog ligt als onder natuurgebieden. Met name akkerbouw op zandgrond verliest relatief veel N naar het grondwater (Tabel 1). De N-totaal concentraties in oppervlaktewater liggen met waardes rondom 5 mg N per liter gemiddeld lager dan de nitraat-N concentraties in het bovenste grondwater onder landbouw (Tabel 2). Dat is een gevolg van verdunning met water dat niet door landbouw beïnvloed is en denitrificatie van nitraat 'onderweg' naar dit water. Overigens zijn de N concentraties in het grond- en oppervlaktewater nabij natuurgebieden niet zonder

Tabel 1. Gemiddeld nitraatstikstofconcentratie (mg NO₃-N per liter) van grondwater op verschillende diepten

Diepte (m)	Onder landbouw op kleigrond:			Onder landbouw op zandgrond:			Onder landbouw algemeen	Onder natuur
	Akkerbouw	Melkveehouderij	Alle	Akkerbouw	Melkveehouderij	Alle		
	0-1	10,6*	6,1*		17,8*	11,7*		
5-15			<2,3**			9,0**	4,5***	2,3***
15-30			<0,2**			2,3**	1,1***	0,7***

*Van der Bolt & Schoumans, 2012

**Zwart et al., 2008

***Baumann et al., 2012

****www.milieucompendiumvoordeleefomgeving.nl

Tabel 2. Gemiddelde stikstof- (mg N-totaal per liter) en fosfaatconcentratie (mg P per liter) van oppervlaktewater nabij landbouw in de periode 2007-2010 (Bolt & Schoumans, 2012)

Periode	Stikstof		Fosfaat	
	Kleigrond	Zandgrond	Kleigrond	Zandgrond
Zomer	2-3	4-5	0,7	0,2
Winter	7-12	5-6	0,3-0,4	0,1-0,2

meer representatief voor iedere niet-bemeste bodem. Allereerst zijn onze natuurgebieden voor een groot deel teruggedrongen naar gebieden die als gevolg van droogtegevoeligheid het minst geschikt zijn voor landbouw. Die droogtegevoeligheid maakt dat de gemeten N uitspoeling relatief hoog zal zijn ten opzichte van minder droogtegevoelige

(landbouw)gronden. Ten tweede worden de uitspoelingverliezen vanuit natuurgebieden mede bepaald door de atmosferische N depositie vanuit de landbouw zélf en wel met name de veehouderij (Kros et al., 2008). Zonder landbouw zou de uitspoeling uit veel natuurgebieden dus nog iets lager zijn. Die atmosferische depositie in Nederland bedraagt jaarlijks circa 30 kg N per ha. Dat is al veel minder dan circa 50 kg N per hectare eind jaren tachtig maar nog altijd meer dan de circa 5-10 kg N per hectare in natuurgebieden zonder invloed van landbouw (Stevens et al., 2004; Kros et al., 2008). Die minimaal mogelijke depositie van N laat zich overigens niet zonder meer gelijkstellen aan de emissie van ammoniak en stikstofoxiden die bij inzet van de best beschikbare technieken (binnen maar ook buiten de landbouw) mogelijk is omdat ook rekening gehouden moet worden met de import en export van die N-verbindingen via de lucht vanuit en naar andere landen. Met de in Nederland overwegende zeewinden, is de emissie van ammoniak en stikstofoxiden dan ook groter dan de depositie (De Haan et al., 2008). Het verschil tussen emissie en depositie wordt voorts bepaald door de verhouding tussen de oppervlakte emitterend gebied (waaronder landbouw) en de oppervlakte ontvangend gebied (waaronder naast landbouw ook droge en natte natuur). Zelfs bij consensus over wat een 'natuurlijke' achtergronddepositie is in een niet door landbouw beïnvloede omgeving, is het lastig om deze depositie te vertalen naar een toelaatbare emissie vanuit de akkerbouwsector. Die akkerbouwsector heeft zelf immers niet tot weinig bij de emissie van ammoniak betrokken te zijn. Een pragmatische benadering zou kunnen zijn om de onvermijdelijke emissie van ammoniak door akkerbouw te definiëren als het verlies van ammoniak dat optreedt bij emissie-arme toediening van organische mest volgens de thans best beschikbare methode (Velthof et al., 2008), voor zover die mest althans nodig is om de afvoer van P in oogstproducten met die mest te compenseren. Daaraan zou de eis kunnen worden toegevoegd dat de emissie van ammoniak per hectare akkerbouw niet groter mag zijn dan de N immisie behorend bij de kritische depositie voor bos op arme zandgronden van 1300 mol per hectare (De Haan et al., 2008). Omwille van de eenvoud wordt voor het doel van deze studie verondersteld dat deze immisie alleen uit ammoniak bestaat. Een immisie van die 1300 mol per hectare laat zich vertalen in een verlies uit de akkerbouw van 22 kg ammoniak-N per ha.

Emissies in natuurlijke situaties: fosfaat

De ongewenste eutrofiering van oppervlaktewater wordt niet alleen door N bepaald maar in het geval van zoet oppervlaktewater vooral door P. Zoals de N concentraties in het water van natuurgebieden kritisch beoordeeld moeten worden, zo geldt dat ook voor de P concentraties in dat water. Ook die kunnen mede een gevolg zijn van landbouwkundig handelen in de

omgeving en zullen dus niet altijd precies een waarde weerspiegelen die 'natuurlijk' genoemd kan worden of typerend zou zijn voor een onbemeste situatie. Daarbij valt te denken aan de effecten die (een landbouwkundig gewenste) ontwatering en bemaling hebben op veenoxidatie en de P die daarbij vrijkomt, aan de oplossing van P bij vernatting van voormalige landbouwgronden, of oppervlakkige uit- en afstroming vanuit landbouwpercelen. De P-totaal concentraties in oppervlaktewater nabij landbouw variëren tussen gemiddeld 0.1 en 0.7 mg per liter, afhankelijk van grondsoort en seizoen (Tabel 2). Uit monitoringsgegevens blijkt overigens dat als ook het water van niet door landbouw beïnvloede wateren in de cijfers betrokken wordt, de P-concentraties dan ongeveer half zo laag zijn (Zwart et al., 2008). Voor de verliezen die typerend zijn voor een niet-bemeste bodem, maakt het overigens niet veel uit of de beoogde concentratie gesteld zou worden op, zeg, 0,1 of 0,5 mg P per liter. In aanmerking genomen dat het jaarlijkse neerslagoverschot circa 300 mm bedraagt, mag het fosfaatverlies per hectare niet meer dan 1-4 kg P₂O₅ per hectare bedragen. Dit vereist, praktisch gesproken, een bemestingsniveau dat min of meer overeenkomt met de fosfaatafvoer in de vorm van oogstproducten.

Vertaling van natuur naar landbouw

Inmiddels zijn er in het kader van de Kader Richtlijn Water (KRW), waaronder ook de Nitraatrichtlijn en de Grondwaterrichtlijn ressorteren en de internationale afspraken in het kader van de National Emission Ceilings, doelstellingen geformuleerd. Deze doelstellingen zijn nog maar in beperkte mate vertaald naar doelen waaraan de landbouw en meer specifiek de akkerbouw zou moeten voldoen. In het kader van de hierboven gebruikte definitie van emissie-neutrale landbouw, worden daarom de volgende provisorische doelstellingen voorgesteld:

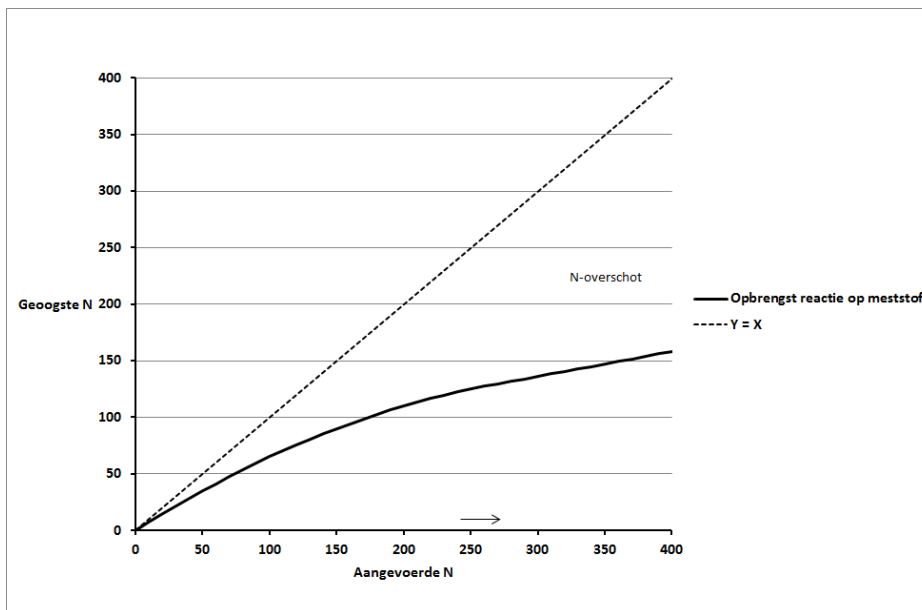
-nitraat-N concentratie in bovenste grondwater (zandgrond) onder akkerbouw hooguit 2,8 tot 5,6 mg N per liter (5,6 mg N per liter komt overeen met 25 mg nitraat per liter, de Nederlandse streefwaarde (www.compendiumvoordeleefomgeving.nl)),

-totaal-N concentraties in sloot- en greppelwater (kleigrond) nabij akkerbouw 2-8 mg N per liter (met 5 mg als gemiddelde), vanwege vooralsnog bestaande onzekerheden over ecologische vereisten in ruimte en tijd,

-fosfaat concentratie in het bovenste grondwater van 0,1-0,2 mg per liter, te vertalen naar een (lange termijn) fosfaatoverschot van akkerbouw van hooguit 0 kg P₂O₅ per hectare akkerbouw per jaar,

-ammoniak-emissie vanuit de akkerbouw van hooguit 22 kg N per hectare jaar en zoveel lager als mogelijk bij een emissie-arme toediening van organische mest voor zover deze mest nodig is om de fosfaatonttrekking volledig te dekken met organische mest afkomstig uit niet-akkerbouwsectoren.

Figuur 1. Relatie tussen aanvoer van nutriënten met meststoffen en de afvoer van nutriënten (hier N) met oogstproducten



Waarom meer emissies uit landbouw dan uit natuur

Uit het voorgaande blijkt dat de emissies van N en P vanuit de akkerbouw naar grond- en oppervlaktewater die vanuit natuurgebieden overtreffen. Daarmee is vooralsnog niet voldaan aan de definitie van 'emissie-neutraal'. Daarvoor bestaan diverse verklaringen. Om te beginnen bestaat er per definitie een verband tussen de realiseerbare opbrengstniveaus van planten per eenheid oppervlakte, de bemesting met N en P per eenheid oppervlakte, en de emissies van die N en P per eenheid oppervlakte: een hogere bemesting verhoogt in beginsel de productie maar ook de emissie (Figuur 1). Dat betekent omgekeerd dat een akkerbouw die emissies wil terugbrengen tot een 'natuurlijke' achtergrondwaarde, lagere opbrengsten zal kunnen realiseren. Om in dat geval in eenzelfde volume voedsel, voer, en groene grondstoffen te kunnen blijven voorzien, zal meer areaal in gebruik genomen moeten worden ten koste van het areaal natuur, zo zulke voor akkerbouw geschikte grond al voor handen is. Daarom kan het streven naar een emissie-neutrale akkerbouw ook de voedselzekerheid zelf onder druk zetten en op zijn minst op gespannen voet staan met een gevarieerde samenstelling van het huidige voedselpakket en alternatieven voor het gebruik van fossiele grondstoffen. Een ontwikkeling in de richting van een 'emissie-neutrale'

akkerbouw dient dan ook afgewogen te worden tegen de maatschappelijke prijs die daarvoor op andere terreinen betaald moet worden.

Naast de principiële wetmatigheid ('hoge opbrengst spaart land maar vraagt meer meststoffen, en meer meststoffen doen verliezen per hectare toenemen'), zijn er ook andere oorzaken waarom N en P uit akkerbouw groter zijn dan uit natuurgebieden. De meeste bouwplannen bevatten gewassen die niet in staat zijn om alle N en P uit het bodemvocht op te nemen. Dat heeft te maken met een minder intensieve beworteling en met het feit dat akkers vaak deels onbegroeid zijn, bijvoorbeeld tussen de gewasrijen en gedurende de winter. Voor zover N en P met succes door een gewas worden opgenomen, blijft in de akkerbouw bovendien vaak een deel van het gewas, inclusief de N en P inhoud van dat gewas, in de vorm van gewasresten (wortels, stoppels, loof) achter. De mineralisatie van organisch gebonden N en P uit deze gewasresten vindt deels plaats op tijdstippen en op plekken waar een effectieve onderschepping door een levend gewas afwezig is. Datzelfde geldt voor mest voor zover deze organisch gebonden N en P bevat.

Op weg naar emissie-neutrale akkerbouw

Het gat tussen de emissies van de huidige akkerbouwpraktijk en die van een emissie-neutrale akkerbouw kan ondanks de voornoemde principiële karakteristieken van akkerbouw, op diverse manieren op zijn minst verkleind worden. Knoppen waaraan gedraaid kan worden in dat kader zijn de hoogte van de gift en de aard van de gebruikte meststoffen (N/P verhouding, Nm/Norg verhouding, effectieve organische stof/P verhouding), de aangenomen en gerealiseerde N- en P-werking van meststoffen, de hoeveelheid afgevoerde nutriënten (gewasrestenafvoer), bouwplanaanpassingen (vervanging van uitspoelingsgevoelige gewassen door gewassen die relatief weinig nutriënten achterlaten), of aan combinaties van de voornoemde maatregelen. Daarmee laat het doel van de onderhavige studie zich omschrijven als:

Verkenning van de mogelijkheden van een emissie-neutrale akkerbouw en de technische consequenties die dit heeft voor de wijze van bemesten, voor bodemvruchtbaarheid, voor gewasopbrengsten en voor de vraag naar landbouwgrond.

2. Methode

N-concentraties en P-overschot

De verkenningen zijn uitgevoerd met het WOG-model. Dit model van de toenmalige CDM-Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen (CDM-WOG) richt zich op de onderbouwing van N-gebruiksnormen akker- en tuinbouwgewassen. Het model is in detail beschreven in Schröder et al. (2007, 2009, 2011) en Van Dijk & Schröder (2007).

Het model werkt globaal als volgt. Voor een groot aantal N-bronnen (dierlijke mest, kunstmest-N, mineralisatie van gewasresten, vanggewassen, depositie) worden giften en (lange-termijn) N-werkingscoëfficiënten gedefinieerd. Hieruit laat zich de hoeveelheid plantbeschikbare bodem-N berekenen. Op basis van gewasspecifieke gegevens aangaande het vermogen om deze bodem-N op te nemen ('N-terugwinning') en om te zetten in oogstbaar product ('N-harvest index'), wordt berekend hoeveel N van een perceel wordt afgevoerd met de gewassen. Het product van die drie factoren (N-werkingscoëfficiënt, N-terugwinning, N-harvestindex) weerspiegelt de N-benutting van de N-bronnen.

Onder verrekening van eventuele ammoniakverliezen wordt op basis van de aldus berekende gewasafvoer vervolgens het N-bodemoverschot bepaald, zijnde het verschil tussen de hoeveelheid N die wordt aangevoerd op het perceel (meststoffen, depositie, eventuele N-binding door vlinderbloemigen) en de N-afvoer met de oogst. Dit bodemoverschot wordt geacht te worden opgelost in een bouwland-specifiek neerslagoverschot op basis waarvan de concentratie van nitraat-N (grondwater, zandgrond) of totaal-N (slootwater, kleigrond) kan worden uitgerekend. Daarbij wordt aangenomen dat een gewasgroep- en grondsoortspecifieke fractie van het N-bodemoverschot daadwerkelijk uitspoelt (en het complement denitrificeert). Die fractie, de zogenaamde uitspoelfractie, wordt ontleend aan het Landelijk Meetnet Mestbeleid (LMM) en is gebaseerd op de metingen van N-bodemoverschotten en N-concentraties in water op praktijkbedrijven uit de periode 1991-2009 (Tabel 3, Fraters et al., 2011). Het WOG-model houdt ook een balans van de fosfor (P) aan- en afvoer bij op grond van specifieke N/P verhoudingen in depositie, meststoffen en gewassen.

Tabel 3. Uitspoelfractie van bouwland en neerslagoverschotten (Fraters et al., 2011)

Grondsoort	Uitspoelfractie (95% b.t.b.h.i)	Neerslagoverschot (10% en 90% percentiel)
Klei	0,34 (0,25-0,43)	326 (264-411)
Zand, nat (Gt IV)	0,39 (0,35-0,42)	347 (278-403)
Zand, middel (Gt VI)	0,59 (0,53-0,64)	324 (259-403)
Zand, droog (Gt VII)	0,75 (0,68-0,81)	345 (272-420)

De modellen kunnen vanuit een opgelegd mest- en kunstmestgebruik de milieukwaliteit (N-concentratie in grond- of oppervlaktewater, ammoniakverlies, fosfaatoverschot) becijferen. Daarnaast kan het model ook vanuit een opgelegde milieukwaliteit toelaatbare mest-kunstmestcombinaties berekenen. Alle berekeningen zijn steeds uitgevoerd bij uiteenlopende uitgangspunten ten aanzien van grondsoort, bouwplan en de wijze van bemesting.

Uitgangspunten en scenario's

De berekeningen richten zich op de Noordelijke Zeeklei (NZK), Centrale Zeeklei met pootaardappelbedrijven ('Noordoostpolder', NOP), Centrale Zeeklei met consumptieaardappelbedrijven ('Zuidelijk en Oostelijk Flevoland', ZOF), de Zuidwestelijke Zeeklei (ZWK), Noordoostelijk Zand- en dalgrond gebied (NON), Zuidoostelijk Zandgebied (ZON) en het Loessgebied (LOESS). Voor zand- en loessgebieden is de verdeling over natte en droge zandgrond bepalend voor de N-uitspoeling. Voor NON, ZON en LOESS is daartoe gebruik gemaakt van een gebiedspecifieke verdeling van nat en droog zand zoals in 2005 is aangeleverd door DR (Van Dijk & Schröder, 2007). Bij de berekening is uitgegaan van typerende bouwplannen zoals die door Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) Lelystad ook in andere MMM-projecten gebruikt worden (Tabel 4). De gebied-specifieke opbrengstniveaus zijn eveneens ontleend aan PPO-uitgangspunten (Tabel 5).

Op basis hiervan is afhankelijk van de opgelegde milieudoelstelling en te nemen (combinatie van) maatregelen nagegaan welke mest- en kunstmestgift mogelijk is. Ter vergelijking is ook de situatie weergegeven die op zou treden bij handhaving van de N- en P-gebruiksnormen op het niveau van 2013. Als doelstellingen zijn onderscheiden:

- P-bemesting op basis van varkensmest van, ten hoogste, de hoeveelheid die nodig is om de P-afvoer in oogstproducten te compenseren,
- N concentraties van 11,3, 5,6 dan wel 2,8 mg nitraat-N per liter in het bovenste grondwater (zandgrond) of 8, 5 en 2 mg totaal-N per liter in nabij slotwater (kleigrond).

Als maatregelen zijn onderscheiden:

- de vervanging van varkensdrijfmest door kunstmest, mineralenconcentraat verkregen uit high-tech mestscheiding, dikke fractie verkregen uit mestscheiding (zie voor uitgangspunten ten aanzien van de samenstelling Tabel 6),
- de afvoer van suikerbietenblad,
- de vervanging van 25% of 50% van het aardappelareaal in de desbetreffende regio door graan.

Tabel 4. Bouwplansamenstelling

Gewas	Regio*:						
	NZK	CZK, NOP	CZK, ZOF	ZWK	NON	ZON	LOESS
consumptieaardappel			0,25	0,20		0,25	0,25
zetmeelaardappel					0,50		
pootaardappel	0,33	0,33					
wintertarwe	0,40	0,17	0,30	0,40			0,23
zomergerst					0,33		0,22
korrelmais						0,25	
suikerbiet	0,20	0,17	0,20	0,15	0,17	0,13	0,25
zaaiui	0,07	0,17	0,13	0,15			0,05
tulp		0,17					
lelie						0,13	
winterpeen			0,07				
waspeen						0,13	
witlofwortel			0,06				
graszaad, Engels raai, 1e j.				0,05			
graszaad, Engels raai, 2e j.				0,05			
doperwt + stamslaboon						0,13	
totaal	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
w.v. in groenbemester	0,33	0,33	0,30	0,40	0,33	0,00	0,45
w.v. in vanggewas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00

* NZK = Noordelijke Zeeklei, CZK, NOP = Centrale Zeeklei (Noordoostpolder), CZK, ZOP = Centrale Zeeklei (Zuidelijk en Oostelijk Flevoland), ZWK = Zuidwestelijke Zeeklei, NON = Noordoostelijk Zand- en Dalgrondgebied, ZON = Zuidoostelijk Zandgebied, LOESS = Loessgebied.

Tabel 5. Opbrengstniveaus

Gewas	Regio:						
	NZK	CZK, NOP	CZK, ZOF	ZWK	NON	ZON	LOESS
consumptieaardappel		55		50		56	50
zetmeelaardappel					43		
pootaardappel	35	40					
wintertarwe, korrel	9,2	9,2	9,2	9,2			9,2
wintertarwe, stro	4,6	4,6	4,6	4,6			4,6
zomergerst, korrel					5,9		6,9
zomergerst, stro					3		3,5
korrelmais						11,4	
suikerbiet	71,8	83,1	83,1	75	70,1	69,7	69,7
zaaiui	67	67	67	56			56
tulp		32					
lelie						26	
winterpeen		44					
waspeen						85	
witlofwortel		33					
graszaad, Engels raai, 1e j., zaad				1,7			
graszaad, Engels raai, 1e j., hooi				6			
graszaad, Engels raai, 2e j., zaad				1,45			
graszaad, Engels raai, 2e j., hooi				6			
doperwt						7	
stamslaboon						14	

* NZK = Noordelijke Zeeklei, CZK, NOP = Centrale Zeeklei (Noordoostpolder), CZK, ZOP = Centrale Zeeklei (Zuidelijk en Oostelijk Flevoland), ZWK = Zuidwestelijke Zeeklei, NON = Noordoostelijk Zand- en Dalgrondgebied, ZON = Zuidoostelijk Zandgebied, LOESS = Loessgebied.

Tabel 6. Gehanteerde Nmineraal/Ntotaal- verhouding, Ntotaal/P₂O₅-verhouding en wettelijke N-werkingscoëfficiënt (NWC,wet) in gebruikte mestproducten.

Product	Nmineraal/N-totaal	Ntotaal/P ₂ O ₅	Wettelijke N-werking (%)
Mineralenconcentraat	0,95	17	100
Onbewerkte varkensdrijfmest	0,65	1,54	60 kleigrond, 70 zandgrond
Dikke fractie	0,36	0,85	55

Organische stof balans

De organische stof balans is gedefinieerd als de aanvoer van effectieve organische stof onder aftrek van de afbraak. Effectieve organische stof is de organische stof die 12 maanden na toediening nog aanwezig is. Bronnen zijn de gewasresten (Tabel 7) en organische mestgiften (Tabel 8). Het aandeel effectieve organische stof in deze bronnen hangt af van de

afbreekbaarheid van het materiaal. Het is relatief laag voor vers N-rijk plantaardig materiaal zoals bietenblad en relatief hoog voor verteerd plantaardig materiaal zoals dierlijke mest. Wat betreft de afbraak is aangenomen dat de afbraak 1500 kg per hectare per jaar bedraagt.

Tabel 7. Effectieve organische stof-bijdrage per hectare per jaar (bron: Timmer et al., 2004)

consumptieaardappel	800
zetmeelaardappel	800
pootaardappel	800
wintertarwe, stoppel	1650
wintertarwe, stro	1000
zomergerst, stoppel	1350
zomergerst, stro	650
Korrelmais*	1700
suikerbiet, wortel	400
suikerbiet, loof	1000
zaaiui	150
tulp*	150
lelie*	150
winterpeen*	400
waspeen*	400
witlofwortel	400
graszaad, Engels raai, 1e j., stoppel	2000
graszaad, Engels raai, 2e j., stoppel	2000
doperwt + stamslaboon	1000
groenbemester	1000
vanggewas*	400

*geschat o.b.v. vergelijkbare gewassen

Tabel 8. Effectieve organische stof-bijdrage per ton product en per 100 kg N

Mestsoort	Per ton product	Per 100 kg N
Dikke fractie	38,6	368
VDM	14,3	202
Mineralenconcentraat	1,5	29

3. Resultaten

Noordelijke Zeeklei

Bij gebruik van mest volgens de gebruiksnorm 2013 wordt een N-overschot voorspeld dat kan leiden tot een concentratie van bijna 10 mg N-totaal per liter oppervlaktewater en een P-overschot van 5 kg P₂O₅ per hectare (Tabel 9a). Als diezelfde gebruiksnorm met alleen kunstmest-N zou worden opgevuld, dan daalde de voorspelde N-totaalconcentratie naar bijna 7 mg per liter. Zonder aanvulling met kunstmest-P zou daarbij vanzelfsprekend een negatief P-overschot optreden.

Als telers de P-afvoer met dierlijke mest zouden willen compenseren (strevend naar een P-overschot van 0 kg per ha) en tegelijkertijd niet meer dan, respectievelijk, 8, 5 en 2 mg N-totaal per liter oppervlaktewater zouden willen realiseren, dan zou de N-gebruiksnorm met, respectievelijk, 9%, 28% en 50% moeten dalen. De bijbehorende opbrengstdervingen belopen dan, respectievelijk, 2-4%, 8-14% en 19-26%, waarbij de hoogste waarden voor aardappelen gelden en de laagste waarden voor granen. Naarmate een kleiner deel van de N-voorziening gebaseerd wordt op organische N (dat wil zeggen: bij gebruik van kunstmest-N, mineralenconcentraat, dikke fractie binnen P-gebruiksnorm) hoeft de N-gebruiksnorm minder te dalen om toch aan een bepaalde N-concentratie in het oppervlaktewater te kunnen voldoen.

De afvoer van bietenblad rechtvaardigt een grotere aanvoer van zowel N als P en beperkt de noodzaak op de N-gebruiksnorm te verlagen teneinde aan een bepaalde N-concentratie te kunnen voldoen. Verhoging van het bouwplanaandeel van granen ten koste van het aandeel aardappelen heeft in deze regio echter nauwelijks invloed op de noodzakelijke verlaging van de N-gebruiksnorm. Het negatieve effect daarvan op de N-uitspoeling doet het positieve effect van een betere N-benutting door granen teniet. Bovendien gaat het om de vervanging van pootaardappelen die minder belastend zijn dan consumptie- of zetmeelaardappelen.

Centrale Zeeklei (Noordoostpolder)

Bij gebruik van mest volgens de gebruiksnorm 2013 wordt een N-overschot voorspeld dat kan leiden tot een concentratie van ruim 9 mg N-totaal per liter oppervlaktewater en een P-overschot van 13 kg P₂O₅ per hectare (Tabel 9b). Als diezelfde gebruiksnorm met alleen kunstmest-N zou worden opgevuld, dan daalde de voorspelde N-totaalconcentratie naar ruim 6 mg per liter. Zonder aanvulling met kunstmest-P zou daarbij vanzelfsprekend een negatief P-overschot optreden.

Als telers de P-afvoer met dierlijke mest zouden willen compenseren (strevend naar een P-overschot van 0 kg per ha) en tegelijkertijd niet meer dan, respectievelijk, 8, 5 en 2 mg N-

totaal per liter oppervlaktewater zouden willen realiseren, dan zou de N-gebruiksnorm met, respectievelijk, 4%, 24% en 47% moeten dalen. De bijbehorende opbrengstderivingen belopen dan, respectievelijk, 1-3%, 6-12% en 17-24%, waarbij de hoogste waarden voor aardappelen gelden en de laagste waarden voor granen. Naarmate een kleiner deel van de N-voorziening gebaseerd wordt op organische N (dat wil zeggen: bij gebruik van kunstmest-N, mineralenconcentraat, dikke fractie binnen P-gebruiksnorm) hoeft de N-gebruiksnorm minder te dalen om toch aan een bepaalde N-concentratie in het oppervlaktewater te kunnen voldoen.

De afvoer van bietenblad rechtvaardigt een grotere aanvoer van zowel N als P en beperkt de noodzaak op de N-gebruiksnorm te verlagen teneinde aan een bepaalde N-concentratie te kunnen voldoen. Verhoging van het bouwplanaandeel van granen ten koste van het aandeel aardappelen heeft in deze regio echter nauwelijks invloed op de noodzakelijke verlaging van de N-gebruiksnorm. De in dat geval hogere P-behoefte vraagt om meer dierlijke mest. Het negatieve effect daarvan op de N-uitspoeling doet het positieve effect van een betere N-benutting door granen teniet. Bovendien gaat het om de vervanging van pootaardappelen die minder belastend zijn dan consumptie- of zetmeelaardappelen.

Centrale Zeeklei (Zuidelijk en Oostelijke Flevoland)

Bij gebruik van mest volgens de gebruiksnorm 2013 wordt een N-overschot voorspeld dat kan leiden tot een concentratie van bijna 10 mg N-totaal per liter oppervlaktewater en een P-overschot van ongeveer 0 kg P₂O₅ per hectare (Tabel 9c). Als diezelfde gebruiksnorm met alleen kunstmest-N zou worden opgevuld, dan daalde de voorspelde N-totaalconcentratie naar bijna 7 mg per liter. Zonder aanvulling met kunstmest-P zou daarbij vanzelfsprekend een negatief P-overschot optreden.

Als telers de P-afvoer met dierlijke mest zouden willen compenseren (strevend naar een P-overschot van 0 kg per ha) en tegelijkertijd niet meer dan, respectievelijk, 8, 5 en 2 mg N-totaal per liter oppervlaktewater zouden willen realiseren, dan zou de N-gebruiksnorm met, respectievelijk, 11%, 28% en 48% moeten dalen. De bijbehorende opbrengstderivingen belopen dan, respectievelijk, 2-4%, 8-13% en 19-25%, waarbij de hoogste waarden voor aardappelen gelden en de laagste waarden voor granen. Naarmate een kleiner deel van de N-voorziening gebaseerd wordt op organische N (dat wil zeggen: bij gebruik van kunstmest-N, mineralenconcentraat, dikke fractie binnen P-gebruiksnorm) hoeft de N-gebruiksnorm minder te dalen om toch aan een bepaalde N-concentratie in het oppervlaktewater te kunnen voldoen.

De afvoer van bietenblad rechtvaardigt een grotere aanvoer van zowel N als P en beperkt de noodzaak op de N-gebruiksnorm te verlagen teneinde aan een bepaalde N-concentratie te

kunnen voldoen. Verhoging van het bouwplanaandeel van granen ten koste van het aandeel aardappelen heeft in deze regio echter nauwelijks invloed op de noodzakelijke verlaging van de N-gebruiksnorm. De in dat geval hogere P-behoefte vraagt om meer dierlijke mest. Het negatieve effect daarvan op de N-uitspoeling doet het positieve effect van een betere N-benutting door granen kennelijk teniet.

Zuidwestelijke Zeeklei

Bij gebruik van mest volgens de gebruiksnorm 2013 wordt een N-overschot voorspeld dat kan leiden tot een concentratie van bijna 12 mg N-totaal per liter oppervlaktewater en een P-overschot van ongeveer 2 kg P₂O₅ per hectare (Tabel 9d). Als diezelfde gebruiksnorm met alleen kunstmest-N zou worden opgevuld, dan daalde de voorspelde N-totaalconcentratie naar bijna 9 mg per liter. Zonder aanvulling met kunstmest-P zou daarbij vanzelfsprekend een negatief P-overschot optreden.

Als telers de P-afvoer met dierlijke mest zouden willen compenseren (strevend naar een P-overschot van 0 kg per ha) en tegelijkertijd niet meer dan, respectievelijk, 8, 5 en 2 mg N-totaal per liter oppervlaktewater zouden willen realiseren, dan zou de N-gebruiksnorm met, respectievelijk, 20%, 37% en 56% moeten dalen. De bijbehorende opbrengstdervingen belopen dan, respectievelijk, 5-9%, 12-18% en 24-31%, waarbij de hoogste waarden voor aardappelen gelden en de laagste waarden voor granen. Naarmate een kleiner deel van de N-voorziening gebaseerd wordt op organische N (dat wil zeggen: bij gebruik van kunstmest-N, mineralenconcentraat, dikke fractie binnen P-gebruiksnorm) hoeft de N-gebruiksnorm minder te dalen om toch aan een bepaalde N-concentratie in het oppervlaktewater te kunnen voldoen.

De afvoer van bietenblad rechtvaardigt een grotere aanvoer van zowel N als P en beperkt de noodzaak op de N-gebruiksnorm te verlagen teneinde aan een bepaalde N-concentratie te kunnen voldoen. Verhoging van het bouwplanaandeel van granen ten koste van het aandeel aardappelen heeft in deze regio echter nauwelijks invloed op de noodzakelijke verlaging van de N-gebruiksnorm. De in dat geval hogere P-behoefte vraagt om meer dierlijke mest. Het negatieve effect daarvan op de N-uitspoeling doet het positieve effect van een betere N-benutting door granen kennelijk teniet.

Noordoostelijk Zand- en Dalgrondgebied

Bij gebruik van mest volgens de gebruiksnorm 2013 wordt een N-overschot voorspeld dat kan leiden tot een concentratie van ruim 15 mg nitraat-N per liter in het bovenste grondwater en een P-overschot van ongeveer 13 kg P₂O₅ per hectare (Tabel 9e). Als diezelfde gebruiksnorm met alleen kunstmest-N zou worden opgevuld, dan daalde de voorspelde N-

concentratie naar 11,6 mg per liter. Zonder aanvulling met kunstmest-P zou daarbij vanzelfsprekend een negatief P-overschot optreden.

Als telers de P-afvoer met dierlijke mest zouden willen compenseren (strevend naar een P-overschot van 0 kg per ha) en tegelijkertijd niet meer dan, respectievelijk, 11,3, 5,6 en 2,8 mg nitraat-N per liter grondwater zouden willen realiseren, dan zou de N-gebruiksnorm met, respectievelijk, 15%, 45% en 63% moeten dalen. De bijbehorende opbrengstdervingen belopen dan, respectievelijk, 6-7%, 21-26% en 32-40%, waarbij de hoogste waarden voor aardappelen gelden en de laagste waarden voor granen. Naarmate een kleiner deel van de N-voorziening gebaseerd wordt op organische N (dat wil zeggen: bij gebruik van kunstmest-N, mineralenconcentraat) hoeft de N-gebruiksnorm minder te dalen om toch aan een bepaalde N-concentratie in het oppervlaktewater te kunnen voldoen.

De afvoer van bietenblad rechtvaardigt een grotere aanvoer van zowel N als P en beperkt de noodzaak op de N-gebruiksnorm te verlagen teneinde aan een bepaalde N-concentratie te kunnen voldoen. Verhoging van het bouwplanaandeel van granen ten koste van het aandeel aardappelen vermindert in deze regio de noodzaak om de N-gebruiksnorm te verlagen om zo aan een bepaalde nitraat-N doelstelling te voldoen. Het hogere graanaandeel vergroot de P-behoefte en daarmee de noodzakelijke aanvoer van dierlijke mest. Die verhoogde heeft op zijn beurt een negatieve effect daarvan op de N-uitspoeling via een vergrote aanvoer van organisch gebonden N. Daar staat echter tegenover dat absolute vervanging van het aardappelareaal (25% dan wel 50% van een hoog bestaand areaal) door granen met een van nature hoge N-benutting, de uitspoeling verlaagt en dus tot minder korting van de gebruiksnorm noopt.

Zuidoostelijk Zandgebied

Bij gebruik van mest volgens de gebruiksnorm 2013 wordt een N-overschot voorspeld dat kan leiden tot een concentratie van ruim 18 mg nitraat-N per liter in het bovenste grondwater en een P-overschot van ongeveer 12 kg P₂O₅ per hectare (Tabel 9f). Als diezelfde gebruiksnorm met alleen kunstmest-N zou worden opgevuld, dan daalde de voorspelde N-concentratie naar bijna 15 mg per liter. Zonder aanvulling met kunstmest-P zou daarbij vanzelfsprekend een negatief P-overschot optreden.

Als telers de P-afvoer met dierlijke mest zouden willen compenseren (strevend naar een P-overschot van 0 kg per ha) en tegelijkertijd niet meer dan, respectievelijk, 11,3, 5,6 en 2,8 mg nitraat-N per liter grondwater zouden willen realiseren, dan zou de N-gebruiksnorm met, respectievelijk, 30%, 63% en 81% moeten dalen. De bijbehorende opbrengstdervingen belopen dan, respectievelijk, 14-16%, 34-39% en 48-55%, waarbij de hoogste waarden voor aardappelen gelden en de laagste waarden voor granen. Naarmate een kleiner deel van de N-voorziening gebaseerd wordt op organische N (dat wil zeggen: bij gebruik van kunstmest-

N, mineralenconcentraat) hoeft de N-gebruiksnorm minder te dalen om toch aan een bepaalde N-concentratie in het oppervlaktewater te kunnen voldoen.

De afvoer van bietenblad rechtvaardigt een iets grotere aanvoer van zowel N als P en beperkt de noodzaak op de N-gebruiksnorm te verlagen teneinde aan een bepaalde N-concentratie te kunnen voldoen. De effecten zijn echter beperkter dan elders vanwege het relatief lage aandeel suikerbieten in deze regio. Verhoging van het bouwplanaandeel van granen ten koste van het aandeel aardappelen vermindert in deze regio de noodzaak om de N-gebruiksnorm te verlagen om zo aan een bepaalde nitraat-N doelstelling te voldoen. Het hogere graanaandeel vergroot de P-behoefte en daarmee de noodzakelijke aanvoer van dierlijke mest. Die verhoogde heeft op zijn beurt een negatieve effect daarvan op de N-uitspoeling via een vergrote aanvoer van organisch gebonden N. Daar staat echter tegenover dat absolute vervanging van het aardappelareaal (25% dan wel 50% van een redelijk hoog bestaand areaal) door granen met een van nature hoge N-benutting, de uitspoeling verlaagt en dus tot minder korting van de gebruiksnorm noopt.

Loessgebied

Bij gebruik van mest volgens de gebruiksnorm 2013 wordt een N-overschot voorspeld dat kan leiden tot een concentratie van bijna 18 mg nitraat-N per liter in het bovenste grondwater en een P-overschot van ongeveer 4 kg P₂O₅ per hectare (Tabel 9g). Als diezelfde gebruiksnorm met alleen kunstmest-N zou worden opgevuld, dan daalde de voorspelde N-concentratie naar 13 mg per liter. Zonder aanvulling met kunstmest-P zou daarbij vanzelfsprekend een negatief P-overschot optreden.

Als telers de P-afvoer met dierlijke mest zouden willen compenseren (strevend naar een P-overschot van 0 kg per ha) en tegelijkertijd niet meer dan, respectievelijk, 11,3, 5,6 en 2,8 mg nitraat-N per liter grondwater zouden willen realiseren, dan zou de N-gebruiksnorm met, respectievelijk, 24%, 51% en 68% moeten dalen. De bijbehorende opbrengstdervingen belopen dan, respectievelijk, 10-12%, 26-30% en 38-42%, waarbij de hoogste waarden voor aardappelen gelden en de laagste waarden voor granen. Naarmate een kleiner deel van de N-voorziening gebaseerd wordt op organische N (dat wil zeggen: bij gebruik van kunstmest-N, mineralenconcentraat) hoeft de N-gebruiksnorm minder te dalen om toch aan een bepaalde N-concentratie in het oppervlaktewater te kunnen voldoen.

De afvoer van bietenblad rechtvaardigt een grotere aanvoer van zowel N als P en beperkt de noodzaak op de N-gebruiksnorm te verlagen teneinde aan een bepaalde N-concentratie te kunnen voldoen. Verhoging van het bouwplanaandeel van granen ten koste van het aandeel aardappelen vermindert ook in deze regio de noodzaak om de N-gebruiksnorm te verlagen om zo aan een bepaalde nitraat-N doelstelling te voldoen. Het hogere graanaandeel vergroot de P-behoefte en daarmee de noodzakelijke aanvoer van dierlijke mest in enige mate. Die

verhoogde heeft op zijn beurt een klein negatieve effect daarvan op de N-uitspoeling via een vergrote aanvoer van organisch gebonden N. Daar staat echter tegenover dat absolute vervanging van het aardappelareaal (25% dan wel 50% van het bestaande areaal) door granen met een van nature hoge N-benutting, de uitspoeling verlaagt en dus tot minder korting op de gebruiksnorm noopt.

Organische stof

Bij gebruik van mest en kunstmest volgens de gebruiksnorm 2013 zijn de gebruikelijke bouwplannen in de Centrale Zeeklei-Noordoostpolder en het Zuidoostelijk Zandgebied niet in staat om jaarlijkse afbraak van 1500 kg effectieve organische stof per hectare te compenseren (Tabel 10). Emissie-neutrale akkerbouw vergroot dit probleem nog verder tenzij het bouwplanaandeel granen (met achterlating van stro) vergroot wordt.

Bij gebruik van mest en kunstmest volgens de gebruiksnorm 2013 bestaat in andere regio's geen probleem om jaarlijks minimaal 1500 kg effectieve organische stof per hectare aan te vullen. Bij verlaging van de (kunst)mestgiften tot het niveau dat nodig is om aan de N-concentratiedoelstellingen van een emissie-neutrale akkerbouw te kunnen voldoen, zal dit in het Centrale Zeekleigebied-Zuidelijk en Oostelijk Flevoland en in het Noordoostelijk zandgebied echter slechter lukken naarmate de N-concentratiedoelstelling scherper is. Alleen door uitbreiding van het aandeel granen kan alsnog voldaan worden de eis om minimaal 1500 kg effectieve organische stof per hectare aan te voeren.

In de Noordelijke Zeeklei, de Zuidwestelijke Zeeklei en het Loessgebied laten gebruikelijke bouwplannen voldoende effectieve organische stof achter om een jaarlijkse afbraak van 1500 kg per hectare te compenseren, ook bij een verlaging van dierlijke mestgiften die in overeenstemming is met hetgeen nodig is om aan N-concentratiedoelen te voldoen en P-oophoping te voorkomen.

Tabel 9a. Scenario-uitkomst Noordelijke Zeeklei

mestgebruik	bietenblad	bouwplan extensiveren	doel	Mest-gift:		Kunstmest-gift	Korting	Relatieve	Opbrengstderving (%)		Milieu:		
				N	P2O5				N	GN 2013	N-afvoer	bij:	N-totaal
				(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(%)	(%)	aardappel	graan	(mg/l)	(kg P2O5 per ha)	(kg N per ha)
VDM	laten liggen	nee	mest volgens gebruiksnorm	100	65	136	0	100	0	0	9,8	5	11
VDM	laten liggen	nee	matig mest	75	49	151	0	99	1	0	9,0	-11	9
	laten liggen	nee	geen mest	0	0	196	0	93	6	1	6,7	-58	4
VDM	laten liggen	nee	8 mg N-totaal/l, P-evenwicht	90	58	124	9	93	4	2	8,0	0	10
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	84	55	91	28	80	14	8	5,0	0	8
VDM	laten liggen	nee	2 mg N-totaal/l, P-evenwicht	74	48	54	50	64	26	19	2,0	0	7
Dikke fractie	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	47	55	127	22	83	12	6	5,0	0	5
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	84	55	91	28	80	14	8	5,0	0	8
Mineralenconcentraat	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l	191	11	0	3	83	16	5	5,0	-44	22
Kunstmest	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l	0	0	174	11	85	12	4	5,0	-56	3
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	84	55	91	28	80	14	8	5,0	0	8
VDM	afvoeren	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	99	64	106	16	86	10	4	5,0	0	10
VDM	laten liggen	25% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	89	58	95	28	82	14	8	5,0	0	9
VDM	afvoeren	25% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	105	68	109	17	88	12	5	5,0	0	10
VDM	laten liggen	50% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	95	62	99	28	84	15	8	5,0	0	9
VDM	afvoeren	50% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	110	71	114	17	89	12	5	5,0	0	11

Tabel 9b. Scenario-uitkomst Centrale Zeeklei (Noordoostpolder)

mestgebruik	bietenblad	bouwplan extensiveren	doel	Mest-gift:		Kunstmest-gift	Korting	Relatieve	Opbrengstderving (%)		Milieu:		
				N	P2O5				N	GN 2013	N-afvoer	bij:	
				(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(%)	(%)	aardappel	graan	(mg/l)	(kg P2O5 per ha)	(kg N per ha)
VDM	laten liggen	nee	mest volgens gebruiksnorm	100	65	119	0	100	0	0	9,3	13	10
VDM	laten liggen	nee	matig mest	75	49	134	0	99	1	0	8,5	-3	9
	laten liggen	nee	geen mest	0	0	179	0	93	6	1	6,2	-51	4
VDM	laten liggen	nee	8 mg N-totaal/l, P-evenwicht	79	51	125	4	96	3	1	8,0	0	9
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	75	49	91	24	83	12	6	5,0	0	8
VDM	laten liggen	nee	2 mg N-totaal/l, P-evenwicht	67	44	55	47	67	24	17	2,0	0	6
Dikke fractie	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	42	49	123	19	86	10	5	5,0	0	4
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	75	49	91	24	83	12	6	5,0	0	8
Mineralenconcentraat	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l	179	11	0	0	85	13	3	5,0	-38	20
Kunstmest	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l	0	0	165	8	87	10	3	5,0	-50	3
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	75	49	91	24	83	12	6	5,0	0	8
VDM	afvoeren	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	87	56	104	13	88	9	3	5,0	0	9
VDM	laten liggen	25% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	80	52	94	25	84	13	7	5,0	0	8
VDM	afvoeren	25% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	92	60	107	15	89	10	4	5,0	0	9
VDM	laten liggen	50% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	84	55	99	26	86	14	7	5,0	0	9
VDM	afvoeren	50% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	96	62	111	16	91	12	5	5,0	0	10

Tabel 9c. Scenario-uitkomst Centrale Zeeklei (Zuid en Oostelijk Flevoland)

mestgebruik	bietenblad	bouwplan extensiveren	doel	Mest-gift:		Kunstmest-gift	Korting	Relatieve	Opbrengstderving (%)		Milieu:		
				N	P2O5				N	GN	N-afvoer	bij:	
				(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	2013 (%)	(%)	aardappel	graan	(mg/l)	(kg P2O5 per ha)	(kg N per ha)
VDM	laten liggen	nee	mest volgens gebruiksnorm	100	65	152	0	100	0	0	9,9	0	11
VDM	laten liggen	nee	matig mest	75	49	167	0	99	0	0	9.1	-16	9
	laten liggen	nee	geen mest	0	0	212	0	94	3	1	6.7	-64	4
VDM	laten liggen	nee	8 mg N-totaal/l, P-evenwicht	98	64	131	11	93	4	2	8,0	0	10
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	92	60	98	28	80	13	8	5,0	0	9
VDM	laten liggen	nee	2 mg N-totaal/l, P-evenwicht	82	53	61	48	65	25	19	2,0	0	8
Dikke fractie	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	52	61	136	23	83	11	7	5,0	0	5
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	92	60	98	28	80	13	8	5,0	0	9
Mineralenconcentraat	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l	208	12	0	2	84	8	5	5.0	-49	24
Kunstmest	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l	0	0	190	11	86	8	5	5.0	-62	4
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	92	60	98	28	80	13	8	5,0	0	9
VDM	afvoeren	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	107	69	113	17	86	9	5	5,0	0	11
VDM	laten liggen	25% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	94	61	98	27	81	12	8	5,0	0	9
VDM	afvoeren	25% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	109	71	114	16	86	8	5	5,0	0	11
VDM	laten liggen	50% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	96	62	99	26	81	12	8	5,0	0	9
VDM	afvoeren	50% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	111	72	113	15	86	8	5	5,0	0	11

Tabel 9d. Scenario-uitkomst Zuidwestelijke Zeeklei

mestgebruik	bietenblad	bouwplan extensiveren	doel	Mest-gift:		Kunstmest-gift	Korting	Relatieve	Opbrengstderving (%)		Milieu:		
				N	P2O5				N	GN 2013	N-afvoer	bij:	
				(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(%)	(%)	aardappel	graan	(mg/l)	(kg P2O5 per ha)	(kg N per ha)
VDM	laten liggen	nee	mest volgens gebruiksnorm	100	65	171	0	100	0	0	12,0	2	11
VDM	laten liggen	nee	matig mest	75	49	186	0	99	0	0	11.2	-14	10
	laten liggen	nee	geen mest	0	0	231	0	94	3	1	8.8	-62	5
VDM	laten liggen	nee	8 mg N-totaal/l, P-evenwicht	92	60	131	20	86	9	5	8,0	0	10
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	85	55	96	37	73	18	12	5,0	0	9
VDM	laten liggen	nee	2 mg N-totaal/l, P-evenwicht	75	49	57	56	58	31	24	2,0	0	7
Dikke fractie	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	48	56	132	32	76	16	10	5,0	0	5
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	85	55	96	37	73	18	12	5,0	0	9
Mineralenconcentraat	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l	198	12	0	14	76	14	9	5.0	-45	23
Kunstmest	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l	0	0	181	22	78	13	8	5.0	-58	4
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	85	55	96	37	73	18	12	5,0	0	9
VDM	afvoeren	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	97	63	106	29	77	15	9			
VDM	laten liggen	25% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	88	57	96	36	74	17	12	5,0	0	9
VDM	afvoeren	25% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	99	64	108	28	78	14	9	5,0	0	10
VDM	laten liggen	50% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	90	58	97	35	74	18	12	5,0	0	9
VDM	afvoeren	50% aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	101	66	109	27	78	14	9	5,0	0	10

Tabel 9e. Scenario-uitkomst Noordoostelijk Zand- en Dalgrondgebied

mestgebruik	bietenblad	bouwplan extensiveren	doel	Mest-gift:		Kunstmest-gift	Korting	Relatieve	Opbrengstderving (%)		Milieu:		
				N	P2O5				N	GN	N-afvoer	bij:	
				(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	2013 (%)	(%)	aardappel	graan	(mg/l)	(kg P2O5 per ha)	(kg N per ha)
VDM	laten liggen	nee	mest volgens gebruiksnorm	92	60	118	0	100	0	0	15,2	13	10
VDM	laten liggen	nee	matig mest	75	49	130	0	100	0	0	14.5	2	8
	laten liggen	nee	geen mest	0	0	182	0	100	0	0	11.6	-46	4
VDM	laten liggen	nee	11,3 mg NO3-N/l, P-evenwicht	67	44	109	15	94	7	6	11,3	0	7
VDM	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	55	36	62	45	76	26	21	5,6	0	6
VDM	laten liggen	nee	2,8 mg NO3-N/l, P-evenwicht	46	30	35	63	64	40	32	2,8	0	4
Dikke fractie	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	30	35	85	45	77	26	21	5,6	0	3
VDM	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	55	36	62	45	76	26	21	5,6	0	6
Mineralenconcentraat	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l	131	8	0	28	80	22	18	5,6	-30	15
Kunstmest	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l	0	0	123	33	83	19	15	5,6	-39	2
VDM	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	55	36	62	45	76	26	21	5,6	0	6
VDM	afvoeren	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	67	44	74	34	94	19	16	5,6	0	7
VDM	laten liggen	25% aardappelen wordt graan	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	60	39	58	39	77	22	18	5,6	0	6
VDM	afvoeren	25% aardappelen wordt graan	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	73	47	70	26	94	14	12	5,6	0	7
VDM	laten liggen	50% aardappelen wordt graan	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	66	43	52	32	77	17	14	5,6	0	6
VDM	afvoeren	50% aardappelen wordt graan	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	79	51	65	17	95	9	7	5,6	0	7

Tabel 9f. Scenario-uitkomst Zuidoostelijk Zandgebied

mestgebruik	bietenblad	bouwplan extensiveren	doel	Mest-gift:		Kunstmest-gift	Korting	Relatieve	Opbrengstderving (%)		Milieu:		
				N	P2O5				N	GN	N-afvoer	bij:	NO3-N
				(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	2013 (%)	(%)	aardappel	mais	(mg/l)	(kg P2O5 per ha)	(kg N per ha)
VDM	laten liggen	nee	mest volgens gebruiksnorm	92	60	110	0	100	0	0	18,4	12	9
VDM	laten liggen	nee	matig mest	75	49	122	0	100	0	0	17,7	1	8
	laten liggen	nee	geen mest	0	0	174	0	99	1	1	14,9	-47	3
VDM	laten liggen	nee	11,3 mg NO3-N/l, P-evenwicht	63	41	78	30	87	16	14	11,3	0	6
VDM	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	49	32	31	63	67	39	34	5,6	0	4
VDM	laten liggen	nee	2,8 mg NO3-N/l, P-evenwicht	38	25	6	81	52	55	48	2,8	0	3
Dikke fractie	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	27	32	51	62	67	38	34	5,6	0	2
VDM	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	49	32	31	63	67	39	34	5,6	0	4
Mineralenconcentraat	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l	90	5	0	48	71	34	31	5,6	-27	10
Kunstmest	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l	0	0	85	51	73	31	28	5,6	-33	2
VDM	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	49	32	31	63	67	39	34	5,6	0	4
VDM	afvoeren	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	57	37	38	55	79	33	30	5,6	0	5
VDM	laten liggen	25% aardappelen wordt graan	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	55	36	35	56	75	33	30	5,6	0	5
VDM	afvoeren	25% aardappelen wordt graan	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	65	42	45	46	89	26	24	5,6	0	6
VDM	laten liggen	50% aardappelen wordt graan	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	62	40	41	48	86	28	25	5,6	0	6
VDM	afvoeren	50% aardappelen wordt graan	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	71	46	48	40	100	22	20	5,6	0	7

Tabel 9g. Scenario-uitkomst Loessgebied

mestgebruik	bietenblad	bouwplan extensiveren	doel	Mest-gift:		Kunstmest-gift	Korting	Relatieve	Opbrengstderving (%)		Milieu:		
				N	P2O5				N	GN	N-afvoer	bij:	
				(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	2013 (%)	(%)	aardappel	graan	(mg/l)	(kg P2O5 per ha)	(kg N per ha)
VDM	laten liggen	nee	mest volgens gebruiksnorm	100	65	114	0	100	0	0	17,7	4	10
VDM	laten liggen	nee	matig mest	75	49	131	0	0	0	0	16,6	-12	8
	laten liggen	nee	geen mest	0	0	184	0	1	1	0	13,1	-61	4
VDM	laten liggen	nee	11,3 mg NO3-N/l, P-evenwicht	85	55	80	24	90	12	10	11,3	0	8
VDM	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	71	46	40	51	75	30	26	5,6	0	6
VDM	laten liggen	nee	2,8 mg NO3-N/l, P-evenwicht	59	38	17	68	63	42	38	2,6	0	5
Dikke fractie	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	39	46	69	51	75	29	26	5,6	0	3
VDM	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	71	46	40	51	75	30	26	5,6	0	6
Mineralenconcentraat	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l	128	8	0	30	81	23	20	5,6	-42	15
Kunstmest	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l	0	0	121	34	84	19	17	5,6	-51	2
VDM	laten liggen	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	71	46	40	51	75	30	26	5,6	0	6
VDM	afvoeren	nee	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	91	59	58	34	99	18	17	5,6	0	8
VDM	laten liggen	25% aardappelen wordt graan	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	75	49	42	48	78	27	24	5,6	0	7
VDM	afvoeren	25% aardappelen wordt graan	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	95	62	60	30	103	16	15	5,6	0	9
VDM	laten liggen	50% aardappelen wordt graan	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	78	51	45	44	82	24	22	5,6	0	7
VDM	afvoeren	50% aardappelen wordt graan	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	99	64	63	26	107	13	12	5,6	0	9

Tabel 10. Organische stof balans in relatie tot bemestingsregime bij een veronderstelde aanvullingsbehoefte van 1500 kg effectieve organische stof per hectare per jaar

mestgebruik	bietenblad	bouwplan extensiveren	doel:		Regio*:						
			kleigrond	zandgrond	NZK	CZK, NOP	CZK, ZOF	ZWK	NON	ZON	LOESS
VDM	laten liggen	nee	mest volgens gebruiksnorm	idem	651	-195	29	167	6	-480	309
VDM	laten liggen	nee	matig mest	idem	601	-245	-22	117	-45	-530	258
	laten liggen	nee	geen mest	idem	449	-396	-173	-34	-196	-681	107
VDM	laten liggen	nee	8 mg N-totaal/l, P-evenwicht	11,3 mg NO3-N/l, P-evenwicht	631	-237	25	151	-61	-554	278
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	619	-245	13	137	-85	-582	250
VDM	laten liggen	nee	2 mg N-totaal/l, P-evenwicht	2,8 mg NO3-N/l, P-evenwicht	599	-261	-8	117	-103	-605	226
Dikke fractie	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	622	-242	18	142	-85	-582	250
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	619	-245	13	137	-85	-582	250
Mineralenconcentraat	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l	5,6 mg NO3-N/l	505	-345	-113	23	-158	-655	144
Kunstmest	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l	5,6 mg NO3-N/l	449	-396	-173	-34	-196	-681	107
VDM	laten liggen	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	619	-245	13	137	-85	-582	250
VDM	afvoeren	nee	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	449	-388	-157	11	-228	-691	41
VDM	laten liggen	25% van aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	781	-83	132	236	75	-495	374
VDM	afvoeren	25% van aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	613	-226	-38	108	-66	-600	164
VDM	laten liggen	50% van aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	945	77	252	332	237	-406	496
VDM	afvoeren	50% van aardappelen wordt graan	5 mg N-totaal/l, P-evenwicht	5,6 mg NO3-N/l, P-evenwicht	775	-66	82	204	97	-513	288

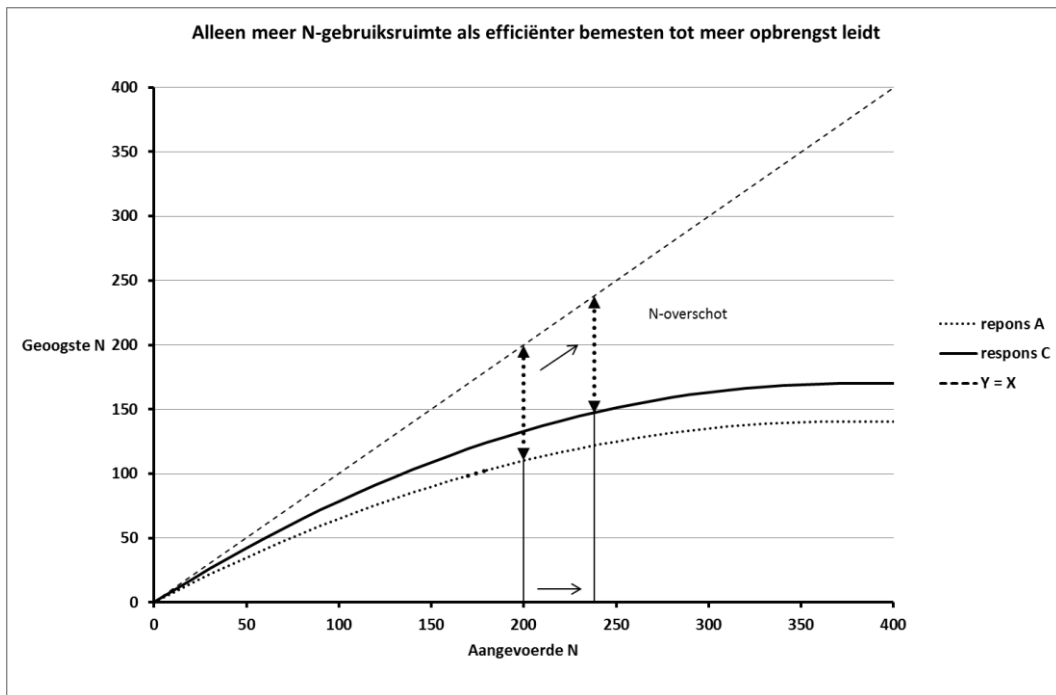
* NZK = Noordelijke Zeeklei, CZK, NOP = Centrale Zeeklei (Noordoostpolder), CZK, ZOP = Centrale Zeeklei (Zuidelijk en Oostelijk Flevoland), ZWK = Zuidwestelijke Zeeklei, NON = Noordoostelijk Zand- en Dalgrondgebied, ZON = Zuidoostelijk Zandgebied, LOESS = Loessgebied.

4. Discussie

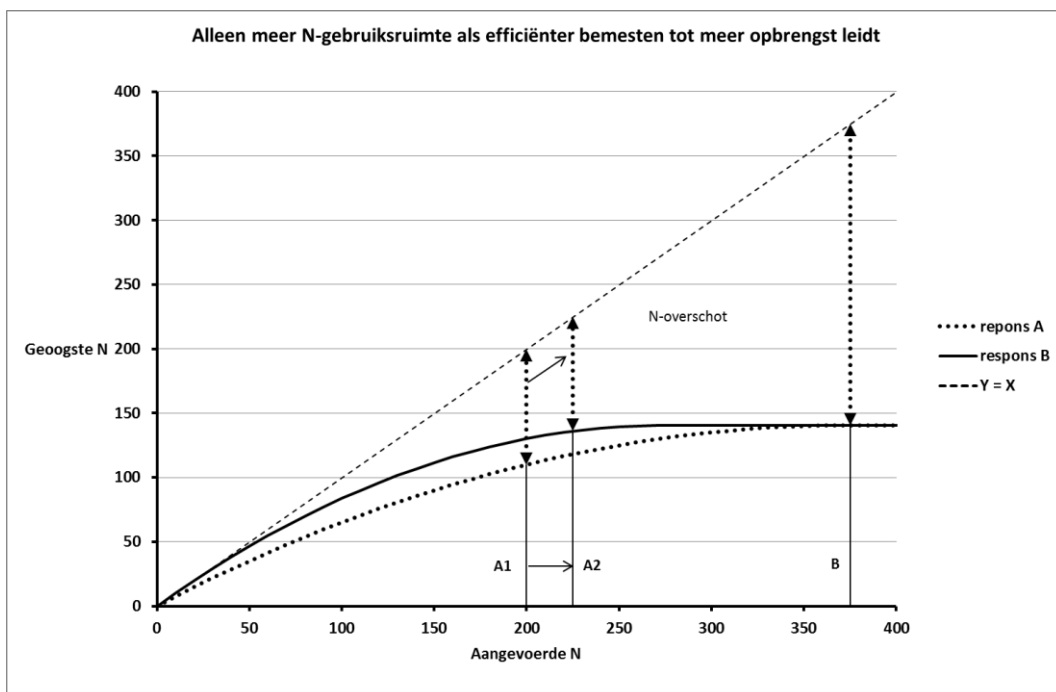
Algemeen

Emissie-neutraliteit laat zich vertalen in een bepaalde N- en P-concentratie van het water dat de landbouw verlaat. De waarde van die concentratie heeft meer het karakter van een bandbreedte dan van één uniek getal. Ongeacht de gekozen waarde binnen die bandbreedte, zou emissie-neutraliteit grote gevolgen hebben voor de hoogte van de toelaatbare bemestingsniveaus van zowel N als P voor de Nederlandse akkerbouw bij ongewijzigde samenstelling van het bouwplan, te oogsten producten of te gebruiken mestsoorten. De bijbehorende opbrengstdervingen belopen bij de hoogste ambitieniveaus waarden van 20-45% (granen) en 25-55% (aardappelen). Dit is aanzienlijk meer dan 1-15% derving die het gevolg is van de minst ambitieuze doelstelling voor emissie-neutraliteit. Hierbij zij opgemerkt dat in de scenarioberekeningen voor alle regio's al is uitgegaan van een efficiënte wijze van toediening van dierlijke mest (te weten emissie-arme voorjaarstoediening) en gebruik van groenbemesters en vanggewassen. Dat betekent ook dat de becijferde kortingen die nodig zijn voor emissie-neutraliteit alsmede de opbrengstdervingen die daarvan het gevolg zijn, nog groter zijn als effecten vergeleken worden met scenario's zonder een zo efficiënt mogelijk beheer van nutriënten.

Bemestingsniveaus behoeven minder te dalen omwille van emissie-neutraliteit naarmate eenzelfde hoeveelheid meststof tot meer nutriëntenafvoer leidt. Dit kan optreden bij een betere beschikbaarheid van de nutriënten in mest (voorbeeld: gebruik van dunne fractie of mineralenconcentraat), een hogere efficiëntie waarmee gewassen de beschikbare nutriënten opnemen (voorbeeld: teelt van graan in plaats van aardappelen), of een hogere afvoer van opgenomen nutriënten in de vorm van oogstproducten (voorbeeld: de afvoer van het blad van suikerbieten). Dat laatste wordt geïllustreerd in Figuur 2. Uit die figuur blijkt dat een betere beschikbaarheid van de nutriënten in mest of de inzet van technieken met een hogere opname-efficiëntie alleen dan tot een hogere afvoer leidt voor zover de afvoer zich afspeelt in het responsieve deel van de opname curve. Daarbuiten leidt verhoging van het bemestingsniveau tot een navenante toename van het nutriëntenoverschot, ook bij gebruik relatief goed beschikbare meststoffen of efficiënte toedieningstechnieken (Figuur 3).



Figuur 2. Illustratie van een situatie waarin eenzelfde mestgift leidt tot een principieel hogere afvoer (respons C t.o.v. respons A) en een ruimer gebruik van mest niet leidt tot een hoger N-overschot toeneemt.



Figuur 3. Illustratie van een situatie waarin een principieel efficiëntere bemestingswijze (respons B t.o.v. respons A) leidt tot een ruimer gebruik van mest zonder dat het N-overschot toeneemt (A) en een situatie waarin dat niet het geval is (B).

De hiervoor genoemde maatregelen blijken de opbrengstderving die het gevolg is van het streven naar emissie-neutraliteit dan ook enigszins te kunnen reduceren. In het algemeen is de bijdragen van een maatregel (gebruik van mineralenconcentraat, bietenblad afvoer, vervanging van aardappel door graan) aan het beperken van de noodzakelijke beperking van de mestgift groter in de zandgebieden en het loessgebied, dan in de kleigebieden. Dat komt omdat eenzelfde effect op het N-bodemoverschot op zand- en loessgrond een groter effect op uitspoeling heeft dan in kleigrond. Dat houdt rechtstreeks verband met de lagere uitspoelfractie op kleigronden. Gebruik van mineralenconcentraat in plaats van varkensdrijfmest beperkt de opbrengstderving met (absoluut) circa 3 en circa 5 procentpunten in, respectievelijk, kleigebieden en niet-kleigebieden. Afvoer van bietenblad beperkt de opbrengstderving met circa 3 en 5-10 procentpunten in, respectievelijk, kleigebieden en niet-kleigebieden. Vervanging van aardappelen door granen heeft in kleigebieden heeft geen duidelijk effect op het beperken van opbrengstdervingen ten gevolge van de noodzaak om giften te beperken. In het Noordoostelijk Zand- en Dalgrondgebied, het Zuidoostelijk Zandgebied en het Loessgebied beperkt deze maatregel de opbrengstdervingen met, respectievelijk, 8, 10 en 5 procentpunten.

Kanttekeningen bij de berekeningen

Modellen zijn een sterk vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. In de voorgaande paragraaf is al opgemerkt dat de lange-termijn effecten van krap bemesten op de bodemvruchtbaarheid zich lastig laten becijferen. Het gebruikte model bevat meer onvolkomenheden. Zo veronderstelt het onder meer dat een N-bodemoverschot ongeacht zijn hoogte en aard eenzelfde effect op de N-uitspoeling heeft, althans binnen eenzelfde landgebruiksgroep (hier: bouwland) en grondsoort. Dat houdt in dat een verlaging van het N-bodemoverschot een proportionele verlaging van de N-uitspoeling teweeg brengt. Uit proeven blijkt echter dat het aandeel uitspoeling in sommige gevallen toeneemt met het overschot (verlaging van het N-bodemoverschot draagt dan minder dan gehoopt bij aan een verlaging van de uitspoeling) en in andere gevallen afneemt met het overschot (verlaging van het N-bodemoverschot draagt dan sterker dan verwacht bij aan een verlaging van de uitspoeling). Omdat nog onvoldoende bekend is in welke situatie deze niet-lineariteit geldt, is voornamelijk uitgegaan van een evenredig verband.

De gebruikte wijze van modellering houdt ook in dat een hoeveelheid N-bodemoverschot in de vorm van bijvoorbeeld bietenblad hetzelfde effect op de N-uitspoeling heeft als eenzelfde hoeveelheid N-bodemoverschot in de vorm van minerale bodem-N of organisch gebonden mest-N. Vanuit bietenblad, echter, spoelt blijkens detailonderzoek minder N uit dan vanuit, bijvoorbeeld, een voorraad minerale bodem-N. Dat betekent dat de afvoer van bietenblad het N-bodemoverschot weliswaar verlaagt maar daarbij in werkelijkheid relatief minder sterk

bijdraagt aan vermindering van de N-uitspoeling. Gemiddeld, echter, klopt de relatie tussen N-bodemoverschot en N-uitspoeling, zoals ontleend aan het LMM. Dat houdt in dat een eventuele verrekening van het afwijkende karakter van bietenblad-N met zich mee zou moeten brengen dat andere posten die bijdragen aan het N-bodemoverschot ook verbijzonderd zouden moeten worden en wel in de tegengestelde richting. Hoe deze verbijzondering zou moeten worden aangebracht is nog onvoldoende bekend.

Verder moet worden opgemerkt dat alle dervingen ten gevolge van een lagere bemesting betrokken zijn op de N-opbrengsten van gewassen. De dervingen zijn voor sommige gewassen de weerspiegeling van een worst case als de marktbaar opbrengst namelijk minder sterk op verlaging van bemesting dan de N-opbrengst van een gewas. Voor groentegewassen waarvan de verkoopbaarheid soms sterk afhangt van de N-voorziening, geldt het omgekeerde.

Het gebruikte model houdt ook geen rekening met het feit dat de effectieve organische stof bijdrage van een gewasrest in werkelijkheid geen constante waarde heeft maar afhangt van het bemestingsniveau. Hoe hoger de bemesting, des te hoger ook de bijdrage aan de organische stof balans al wordt dit mogelijk enigszins teniet gedaan door een hogere spruitwortelverhouding en een hogere afbreekbaarheid van het materiaal. Eén en ander heeft tot gevolg dat tekorten op de organische stofbalans bij krappere bemesting mogelijk wat groter zijn dan hier becijferd. De berekeningen gaan uit van een jaarlijkse behoefte aan effectieve organische stof van 1500 kg per ha. In werkelijkheid is dit behoefte geen vast getal maar afhankelijk van de grondsoort en het niveau aan organische stof dat men wil handhaven.

Tot slot zij opgemerkt dat scenario's die gebaseerd zijn op het gebruik van kunstmest-N of mineralenconcentraat een negatief P-overschot hebben. De prijs van de positieve bijdrage van dit soort N-meststoffen aan het bereiken van emissie-neutraliteit bestaat dus uit een vergrote afhankelijkheid van een alternatieve P-bron. Die P-bron zou overigens kunnen bestaan uit een kunstmest-P die niet noodzakelijkerwijs gefabriceerd wordt op basis van eindige rotsfosfaat.

Bodemvruchtbaarheid

Mestgiften die nodig zijn om de bestaande bodemvruchtbaarheid op het huidige doorgaans ruim voldoende peil te houden, zijn vaak niet verenigbaar met de giften die nodig zijn om emissies op een zodanig laag niveau te krijgen dat dit de naam 'emissie-neutraal' verdient. Met andere woorden: handhaving van een hoge bodemvruchtbaarheid gaat met relatief hoge verliezen gepaard. Handhaving is in die zin te vergelijken met het tot de rand gevuld willen houden van een vergiet: hoe hoger het vloeistofniveau, des te groter het aantal gaatjes van waaruit verliezen kunnen optreden die bijgevolg gecompenseerd moeten worden. De vraag is dan ook niet of de bodemvruchtbaarheid zal dalen onder invloed van een verlaging van

mestgiften (dat is in zijn algemeenheid inderdaad het geval), maar tot op welk niveau dit gebeurt en hoe schadelijk dat is. Wat betreft fosfaat komt een emissie-neutrale akkerbouw neer op P-evenwichtsbemesting. Uit veeljarige proeven komt naar voren dat dit niveau van bemesting bodems met een relatief hoge P-toestand terug doet zakken naar de toestand 'voldoende' (Ehlert & Dekker, 2008; Schils, 2012). Alleen in een bouwplan met veel fosfaatbehoefte gewassen zal dit tot opbrengstdervingen leiden. Plaatsing van fosfaat nabij de (voorziene) gewasrijen kan helpen deze derving te beperken (Schröder et al., 2012). Uit Engels onderzoek blijkt verder dat een lage fosfaattoestand minder schadelijk is naarmate de bodemstructuur beter is (Johnston & Dawson, 2010). Daarbij moet wel worden opgemerkt dat het behoud van bodemstructuur onder meer afhangt van de aanvoer van organische stof, terwijl die aanvoer nu juist sterker onder druk kan komen te staan bij een beheer gericht op emissie-neutraliteit. Zonder verhoging van het aandeel granen in het bouwplan wordt bij een emissie-neutrale akkerbouw in alle gebieden met uitzondering van het Noordelijk Zeekleigebied, het Zuidwestelijk Zeekleigebied en het Loessgebied, namelijk minder dan 1500 kg effectieve organische stof aangevoerd. Dat betekent dat de organische stofgehalten in dat geval terug zullen zakken naar een lager niveau waarbij zich een nieuw evenwicht in zal stellen tussen de jaarlijkse afbraak van organische stof en de jaarlijkse aanvoer van (effectieve) organische stof.

Biodiversiteit

Emissie-neutraliteit heeft als consequentie dat de gewasopbrengst van een hectare akkerbouw daalt. Afhankelijk van het ambitieniveau van emissie-neutraliteit, het type gewas, de regio, en de in te zetten maatregelen, daalt de opbrengst met enige tot enkele tientallen procenten. Dat betekent dat minder monden gevoed kunnen worden of eenzelfde aantal monden minder voedsel, voer, vezels of brandstof tot hun beschikking krijgen. Voor zover dit geen reële opties geacht worden, betekent dit dat emissie-neutraliteit elders tot een groter of intensiever landgebruik zal leiden. Dit laatste kan ten koste gaan van de aldaar vooralsnog aanwezige biodiversiteit. Dit potentiële verlies dient afgewogen te worden tegen de beoogde winst aan biodiversiteit door een geringere emissie ten gevolge van een verlaagd bemestingsniveau.

5. Conclusies

Emissie-neutraliteit van de Nederlandse akkerbouw is technisch mogelijk maar vereist een drastische aanpassing van de bemesting. Die aanpassing zal tot opbrengstdervingen leiden die vooralsnog niet volledig door aanvullende technische maatregelen kunnen worden opgevangen. Als de mondiale akkerbouw geacht wordt evenveel monden van eenzelfde dieet te voorzien, nopen die opbrengstdervingen tot een groter en intensiever landgebruik elders. Het lijkt dan ook zinniger om na te gaan welk emissieniveau toelaatbaar is om specifieke vormen van biodiversiteit in een zekere omvang en met een zekere nabijheid te kunnen behouden, dan om de akkerbouw kost-wat-kost niet meer dan natuurgebieden te laten emitteren.

6. Literatuur

Baumann, R.A., A.E.J. Hooijboer, A. Vrijhoef, B. Fraters, M. Kotte, C.H.G. Daatselaar, C.S.M. Olsthoorn, J.N. Bosma, 2012. Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland, periode 1992-2010. Rapport 680716007/2012, RIVM, Bilthoven, 143 pp.

Bolt, F.J.E. & O.F. Schoumans, 2012. Ontwikkeling van de bodem- en waterkwaliteit. Rapport 2318, Alterra, Wageningen, 116 pp.

Ehlert, P.A.I. & P.H. Dekker, 2008. Veeljarige effecten van evenwichtsbemesting. Mest & Mineralen BO05-infoblad 17, Wageningen, Nederland. , 2 pp.

European Commission, 1991. Directive of the Council of December 12, 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). European Commission, Brussels, pp. 1-8.

Fraters, B., T. van Leeuwen, A. Hooijboer, M. Hoogeveen, L. Boumans & J. Reijs (2011) Notitie herziening stikstofuitspoelfracties in verband met het toevoegen van meetgegevens voor de periode 2005 – 2009 (concept 20 juni 2011), RIVM, Bilthoven, 20 pp.

Johnston, A.E., C.J. Dawson, 2010. Physical, chemical and biological attributes of agricultural soils. In: Proceedings International Fertiliser Society 675, York, UK, pp. 1–40.

Kros, J., B.J. de Haan, R. Bobbink, J.A. van Jaarsveld, J.G.M. Roelofs & W. de Vries, 2008. Effecten van ammoniak op de Nederlandse natuur. Rapport 1698, WUR Alterra, 131 pp.

Schils, R.L.M., 2012. Dertig vragen en antwoorden over bodemvruchtbaarheid. WUR-Alterra, Wageningen, Nederland, 143 pp.

Schröder, J.J., A.L. Smit, D. Cordell, A. Rosemarin, 2011. Improved phosphorus use efficiency in agriculture: A key requirement for its sustainable use. *Chemosphere* 84, 822–831.

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, The Netherlands, 37 pp.

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., 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.

Stevens, C.J., N.B. Dise, O. Mountford & D.J. Gowing, 2004. Impact of Nitrogen Deposition on the Species Richness of Grasslands. *Science* 303, 1876-1879.

Van Dijk, W. & J.J. Schröder, 2007. Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en loessgrond bij verschillende uitgangspunten. Rapport 371., PPO-AGV, Lelystad, 68 pp.

Zwart, M.H., A.E.J. Hooijboer, B. Fraters, M. Kotte, R.N.M. Duin, C.H.G. Daatselaar, C.S.M. Olsthoorn & J.N. Bosma, 2008. Agricultural practice and water quality in the Netherlands in the 1992 – 2006 period. Rapport 680716003/2008, RIVM, Bilthoven, 131 pp.