
Actualisatie van stikstof-, fosfaat- en organische stof balansen van akkerbouw- en vollegrondsgroentenbedrijven

Onderzoek naar de aanpassing van gebruiksnormen in het kader van equivalente maatregelen

J.J. Schröder & W. van Dijk

Actualisatie van stikstof-, fosfaat- en organische stof balansen van akkerbouw- en vollegrondsgroentenbedrijven

Onderzoek naar de aanpassing van gebruiksnormen in het kader van equivalente maatregelen

J.J. Schröder & W. van Dijk

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van de Bedrijfsorganisatie Akkerbouw uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit AGrosystems Research, in het kader van project 16034.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, mei 2017

Rapport WPR-683

Schröder, J.J. & W. van Dijk, 2017. *Actualisatie van stikstof-, fosfaat en organische stof balansen van akkerbouw- en vollegrondsgroentenbedrijven; Onderzoek naar de aanpassing van gebruiksnormen in het kader van equivalente maatregelen*. Wageningen Research, Rapport WPR-683. 20 blz.; 0 fig.; 6 tab.; 15 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/420236>

Van tijd tot tijd komen nieuwe overzichten van gemiddeld gerealiseerde opbrengsten en nutriëntengehalten van akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten beschikbaar. Op basis van die geactualiseerde cijfers zijn de stikstof- en fosfaatonttrekkingen van een aantal veel voorkomende Nederlandse bouwplannen berekend. Daaruit blijkt dat de gemiddelde stikstofafvoer in de afgelopen 5-10 jaar met 0-20 kg stikstof per hectare gestegen is en de gemiddelde fosfaatafvoer min of meer gelijk gebleven is. De jaarlijkse fosfaatafvoer van bedrijven varieert van 20 tot 70 kg P₂O₅ per ha en hangt sterk af van het bouwplan en de gerealiseerde opbrengsten. Op de meeste bedrijven is de gebruiksnorm van 60 kg fosfaat per hectare genoeg om de jaarlijkse fosfaatafvoer met oogstproducten (inclusief graanstro) te compenseren. Op bedrijven met bovengemiddelde opbrengsten en een hoog aandeel wintertarwe en/of suikerbieten en/of snijmaïs is dit echter niet altijd het geval. In de gebruikelijke bouwplannen kan in de meeste gevallen met alleen gewasresten en groenbemesters niet voldaan worden aan de ondergrens van de benodigd geachte aanvulling van organische stof. In combinatie met het achterlaten van graanstro wordt de kans op tekorten kleiner. Vooral als de wens bestaat om een hoog organische stof gehalte te handhaven, is het bij bestaande bouwplannen onmogelijk om dat zonder toediening van rundveemest te realiseren.

Trefwoorden: gebruiksnorm, onttrekking, stikstof, fosfaat, organische stof

© 2017 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosystems Research, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. 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 Stichting Wageningen Research.

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

Rapport WPR-683

Inhoud

	Woord vooraf	5
1	Inleiding	7
	1.1 Equivalente maatregelen	7
	1.2 Doel van de onderhavige studie	7
2	Materialen en methoden	8
	2.1 Afvoer van stikstof en fosfaat	8
	2.2 Organische stof balans	11
	2.3 Bouwplannen	11
3	Resultaten	13
	3.1 Afvoer van N en P	13
	3.2 Afvoer hoger dan P-gebruiksnorm	13
	3.3 Effectieve organische stof	14
4	Discussie	16
5	Conclusie	18
	Literatuur	19

Woord vooraf

Het verschil tussen de hoeveelheid nutriënten die op een akker wordt aangevoerd in de vorm van kunstmest en organische mest en de hoeveelheid nutriënten die wordt afgevoerd, geeft een indruk van de risico's van milieubelasting naar bodem, water of lucht en een indruk van het mogelijke interen op bodemvruchtbaarheid. Het is daarom belangrijk om allereerst een actueel beeld te hebben van de afvoer van nutriënten. Wij bedanken de Brancheorganisatie Akkerbouw (BOA) voor de opdracht om hier onderzoek naar te doen. We zijn Romke Postma (Nutrient Management Institute) erkentelijk voor het kritisch doornemen van een eerder concept.

De auteurs

1 Inleiding

1.1 Equivalente maatregelen

Het gebruiksnormenstelsel, zoals verwoord in 5^e Nederlandse Actieprogramma EU Nitraatrichtlijn, is in hoge mate gebaseerd op gemiddelde prestaties. Dat betekent dat op sommige bedrijven meer (kunst)mest wordt toegediend dan ter plekke milieukundig verantwoord is maar op andere juist minder. Bij bovengemiddelde opbrengstniveaus is de afvoer van stikstof (N) namelijk groter dan wat minimaal nodig is om de N-verliezen beneden een gewenst niveau te houden en kan ook de afvoer van fosfaat (P, P₂O₅) groter zijn dan de toegestane aanvoer van P. Daardoor zal de bodemvruchtbaarheid op termijn onnodig teruglopen. Het projectonderdeel waar dit rapport verslag van doet, verkent de effecten van opbrengstniveaus en bouwplansamenstellingen op de afvoer van N en P en vergelijkt die met de toegestane aanvoer. Daarbij wordt ook ingegaan op de aanvoer van organische stof. De bevindingen beogen bij te dragen aan het onderbouwen van zogenaamde equivalente maatregelen. Dit zijn borgbare maatregelen (realisaties, omstandigheden, handelingen) die leiden tot een hogere afvoer van N en P dan in een referentiesituatie en daarmee ruimere N- en P-gebruiksnormen kunnen rechtvaardigen. Over de voorwaarden waaronder onderbouwing van equivalente maatregelen in zijn algemeenheid plaats kan vinden, is apart gerapporteerd (Schröder, 2017).

1.2 Doel van de onderhavige studie

Dit rapport heeft tot doel:

- becijfering van de afvoer van N en P van een aantal typerende bouwplannen op basis van actuele inzichten in gehalten en opbrengsten,
- de mate waarin de P-gebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha per jaar volstaat om de jaarlijkse afvoer te compenseren in afhankelijkheid van de bouwplansamenstelling en het opbrengstniveau,
- becijfering van de aanvoer van effectieve organische stof bij het gebruik van organische mest volgens een gebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha.

2 Materialen en methoden

2.1 Afvoer van stikstof en fosfaat

De afvoer van nutriënten met de oogst is gelijk aan het product van opbrengsten en gehalten. De gemiddelde afvoer van het bedrijf is het areaal-gewogen gemiddelde van de afzonderlijke gewassen. Bij verkennende studies voor de onderbouwing van het 5^e Nederlandse Actieprogramma voor de Europese Nitraatrichtlijn is uitgegaan van opbrengsten zoals vermeld in Tabel 1 (KWIN 2006-2011). In diezelfde tabel staan ook geactualiseerde opbrengsten (KWIN 2015). Daaruit blijkt dat de opbrengsten van de meeste gewassen gelijk gebleven of enigszins gestegen zijn. Voor deze studie is gebruik gemaakt van die actuele opbrengsten. Er is daarbij een onderscheid gemaakt tussen kleigronden enerzijds en zand- en lössgronden anderzijds. Omdat KWIN geen opbrengsten geeft voor de lössregio, is voor löss uitgegaan van de opbrengsten voor zandgrond, met uitzondering van de graangewassen waarvoor bij löss de opbrengsten voor klei zijn aangehouden. Dit is gebaseerd op eerdere studies waaruit bleek dat de graanopbrengsten op löss op eenzelfde niveau lagen als die op kleigrond, en 10-30% hoger lagen dan die op zandgrond (Van Dijk *et al.*, 2007; Van Dijk *et al.*, 2008). Daar waar de KWIN onderscheid maakt tussen regio's binnen een grondsoort (bijvoorbeeld noordelijk, centrale en zuidwestelijk klei) is het gemiddelde genomen van de regio's. Overigens maakt KWIN alleen voor de grote gewassen (o.a. aardappelen, suikerbieten en graan) onderscheid naar regio/grondsoort.

Tabel 1 Stikstof en fosfaatgehalten van akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten volgens verschillende bronnen en opbrengsten (per afzonderlijke teelt) zoals gebruikt bij de voorbereiding van het 5^e Actieprogramma (Schröder et al., 2011) op basis van KWIN-opbrengsten uit de periode 2006-2011 en geactualiseerde fosfaatgehalten volgens KWIN 2015.

Gewas	Gegehalten, kg per ton vers product			Versopbrengst, ton per ha			
	N		P ₂ O ₅	Klei		Zand & Löss	
	Van Dijk, 2003	Van Dijk, 2003		Ehlert et al., 2009	KWIN, 2006-2011	KWIN, 2015	KWIN, 2006-2011
Cons.-aardappel	3.3	1.1	1.00	51.7	50.4	50.0	54.8
Zetm.-aardappel	3.7	0.9	1.16			45.0	41.5
Pootaardappel	3.0	1.1	0.85	36.3	36.8	25.0	32.9
Suikerbiet	1.8	0.9	0.80	69.0	84.1	63.0	76.2
Wintertarwe, korrel	20.0	7.8	6.93	8.7	9.1	7.8*	7.8*
Zomertarwe, korrel	19.0	7.8	7.32	7.1	7.4	7.1	7.4
Zomergerst, korrel	15.0	8.0	7.81	6.6	6.7	6.0	6.4
Wintergerst, korrel	17.0	8.0	7.05	6.5	8.0	5.9*	6.4*
Wintertarwe, stro	5.8	1.6	1.45	4.5	4.5	4.0	4.0*
Zomertarwe, stro	5.8	1.6	1.65	3.6	4.0	3.6	4.0
Zomergerst, stro	5.4	2.1	1.70	3.5	3.5	3.0	3.5
Wintergerst, stro	5.4	2.1	1.93	3.5	4.0	3.2	3.5*
Korrelmaïs	13.5**	5**	6.20	8.8	11.1	8.8	11.1
Graszaad	21.0	10.1	10.15	1.5	1.6	1.5	1.6
Winterkoolzaad	35.0	15.1	15.93	3.8	3.8	3.8	3.8
Zaaiuien	2.2	0.7	0.83	59.3	51.6	51.6	51.6
Plantuien	2.2	0.7	0.77	50.0	50.0	50.0	50.0
Waspeen	1.5	0.7	0.63	77.0	87.5	75.0	68.8
Winterpeen	1.6	0.7	0.63	77.0	87.5	75.0	68.8
Witlofwortelen	2.3	0.7	1.20	26.2	29.0	26.2	29.0
Doperwten	7.5	1.6	2.70	5.8	6.9	5.8	6.9
Stambonen	3.6	1.1	1.13	12.5	14.6	12.5	14.6
Spinazie****	3.5	0.9	0.67	47.5	36.0	47.5	36.0
Prei	3.0	0.9	0.76	35.0	45.0	35.0	45.0
IJssla	1.5	0.5	0.50	38.7	43.0	38.7	43.0
Aardbeien	1.2	0.7	0.55	17.0	21.0	17.0	21.0
Broccoli*****	4.7	1.3	1.56	9.8	10.4	9.8	10.4
Bloemkool*****	2.6	0.9	0.91	26.0	26.0	26.0	26.0
Sluitkool	1.9	0.7	0.65	85.5	85.5	85.5	85.5
Spruitkool	5.5	2.1	1.85	21.3	24.0	21.3	24.0
Asperge	3.5	0.9***	0.90	5.4	5.4	5.4	5.4
Knolvenkel	2.0	0.5	0.71	21.0	21.0	21.0	21.0
Chinese Kool*****	1.5	0.9	0.89	50.0	50.0	50.0	50.0
Boerenkool	4.2	1.6	1.60	18.0	20.0	18.0	20.0
Knolselderij	2.0	1.6	1.35	40.5	45.0	40.5	45.0
Tulp*****	3.0	0.9	1.20	33.0	33.0	33.0	33.0
Lelie*****	2.6	1.1	1.47	27.0	27.0	27.0	27.0
Snijmaïs	4.3**	1.1**	1.32	46.5	50.0	39.5	46.1

* voor löss is gerekend met kleiopbrengsten

** n.a.v. redenatie in Schröder et al., 2015

*** o.b.v. Beukeboom, 1996

**** dubbelteelt

***** voor bloemkool in bouwplan VGG1 (zie Tabel 2b), broccoli in VGG5 en chinese kool in VGG5 worden per hoofdteelt 0,31, 0,30 en 0,50 tweede teelten per jaar aangehouden.

***** opbrengst geschat

Het gehalte van N of P in gewassen is niet per se constant en hangt van vele factoren af. Als opbrengsten door veredeling, wijzigingen in bodem of weer, of betere teeltechnieken stijgen, is het voorstelbaar dat daarbij verdunning van gehalten optreedt. Dit is temeer niet uit te sluiten omdat de opname van N en P in het algemeen vooruitloopt op de vulling van een gewas met 'suikers' onder invloed van een succesvolle fotosynthese.

Ehlert *et al.* (2006) inventariseerden voor een beperkt aantal gewassen met groot areaal hoe opbrengsten en P-gehalten zich in de loop de jaren ontwikkelden. Van significante veranderingen in gehalten was geen sprake bij snijmaïs (1976-2003), suikerbiet (1937-2004), rogge (1940-1958) en zomergerst (1939-2003). Uit hun data kan wel afgeleid worden dat het P₂O₅-gehalte per ton vers (marktbaar) product daalde met ongeveer 0,02 kg P₂O₅ met iedere ton meeropbrengst bij aardappelen (1945-2004). Bij wintertarwe bedroeg deze daling ongeveer 0,3 kg P₂O₅ en bij zomertarwe 1,4 kg P₂O₅ (1933-2003). Als gevolg hiervan was de P₂O₅-onttrekking bij aardappelen ondanks stijgende opbrengsten min of meer constant, en steeg de onttrekking van winter- en zomertarwe relatief minder sterk dan de opbrengst. In lijn hiermee is dat het P₂O₅-gehalte van veel gewassen in de dataset die Beukeboom (1996) samenstelde hoger is dan die in de meer recente dataset van Ehlert *et al.* (2009). Daarbij zijn opvallend genoeg ook snijmaïs, suikerbiet, rogge en zomergerst waarvan het gehalte in Ehlert *et al.* (2006) nog als stabiel in de tijd was aangemerkt. Tegenover gewassen met een dalend gehalte staat een aantal gewassen, over het algemeen met een klein areaal, waarvan het P₂O₅-gehalte gestegen lijkt te zijn (Tabel 1). Ehlert *et al.* (2009) vergeleken ook opbrengsten en onttrekkingen van aardappelen, suikerbieten en een tweetal granen vóór 1990 met die van na 1990. Uit die vergelijking kunnen ook gehalten worden berekend. Die berekening wijst op een daling van P₂O₅-gehalten bij aardappelen en suikerbieten (overeenkomstig de vergelijking tussen Beukeboom (1996) en Ehlert *et al.* (2009)), maar op een lichte stijging van het gehalte bij zomergerst (in tegenstelling tot wat blijkt uit de vergelijking tussen Beukeboom (1996) en Ehlert *et al.* (2009)).

Bij N-gehalten treden vergelijkbare veranderingen op. Uit een analyse van Ten Berge *et al.* (2012) blijkt dat het N-gehalte daalt met 0,04 kg N per ton vers (marktbaar) product voor iedere ton meeropbrengst bij snijmaïs, 0,02 bij suikerbiet, 0,03 bij consumptieaardappel, 0,04 bij fabriksaardappel, 0,02 bij zaaiuien, 0,20 bij wintertarwe, 0,19 bij zomertarwe en 0,15 bij zomergerst. De N-gehalten zoals weergegeven in Van Dijk (2003) zijn gebaseerd op de publicatie Kiezen uit Gehalten (Beukenboom, 1996). Voor een aantal gewassen (o.a. broccoli, stamslaboon) zijn de gehalten aangepast op basis van een in 2001 uitgevoerde analyse van N- en P-gehalten van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen (Van der Schoot & Van Dijk, 2001), omdat deze sterk afweken van die vermeld in Beukenboom (1996). Voor de overige gewassen is in het kader van dit rapport besloten om de gehalten zoals vermeld in Beukeboom (1996) te handhaven (Tabel 1), hoewel voor een aantal grote akkerbouwgewassen (o.a. suikerbieten, wintertarwe en zomergerst) het N-gehalte zoals gevonden in Van der Schoot & Van Dijk (2001) wel wat lager was dan in Beukeboom (1996).

In het kader van dit rapport is besloten om de hiervoor genoemde neiging tot daling van N-gehalten bij hogere opbrengsten, niet door te voeren en te blijven varen op Van Dijk (2003). Hoewel de door Ten Berge *et al.* (2012) onderzochte gewassen een relatief groot areaal vertegenwoordigen, is die studie niet omvattend. Bovendien valt niet vast te stellen op welk gemiddeld opbrengstniveau de N-gehalten uit Van Dijk (2003) betrekking hebben en, als gevolg daarvan, vanaf welke opbrengst toeslagen of kortingen op het gemiddelde N-gehalte dienen te worden toegepast. Voor wat betreft P-gehalten echter, is ten behoeve van de actualisatie besloten om de gehalten volgens Van Dijk (2003) te vervangen door de gehalten volgens Ehlert *et al.* (2009). Die gehalten zijn voor gewassen met een klein areaal min of meer onveranderd in de tijd maar juist voor gewassen met een groot areaal over het algemeen 4% lager. Tabel 1 geeft deze wijziging aan en geeft de in deze studie gebruikte gehalten weer. De data met betrekking tot P-gehalten in Van der Schoot & Van Dijk (2001) zijn ook meegenomen in het overzicht van Ehlert *et al.* (2009).

2.2 Organische stof balans

Behoud van bodemvruchtbaarheid wordt niet alleen bepaald door een juiste balans tussen de aanvoer en afvoer van nutriënten zoals N en P, maar ook door die van organische stof. In Nederland wordt daarbij de conventie gevolgd dat de aanvoerpost van die balans berekend wordt op basis van de zogenaamde effectieve organische stof. Dat is de organische stof die een jaar na toediening over is en waaruit de meest gemakkelijk afbreekbare delen dus verteerd zijn. Bronnen van die aanvoer zijn gewasresten (wortels, stoppels, stro, kaf, afgefallen blad, omblad, oogstverliezen, groenbemesters, perspotjes, plantmateriaal met kluit, dekstro) en organische mest. In het kader van deze studie wordt aangesloten bij de gewasspecifieke en mestsoortspecifieke vuistregels die voor de aanvoer gehanteerd worden. Die vuistregels staan grotendeels op

<http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/adviesbasis-voor-de-bemesting-van-akkerbouwgewassen-organische-stof>.

Voor wat betreft de afbraak is gebruik gemaakt van de kennis die is samengevat in <http://www.kennisakker.nl/node/4089>. Daaruit blijkt dat de afbraaksnelheid groter is bij lage organische stofgehalten en kleiner bij hoge organische stofgehalten. De absolute hoeveelheid afbraak is bij hoge organische stofgehalten desondanks hoger. Als grootteordes kan bij 2% organische stof in een bouwvoor van 25-30 cm worden aangehouden dat de jaarlijkse afbraaksnelheid circa 2,5% bedraagt, resulterend in een jaarlijkse afbraak van 1800-2100 kg organische stof per hectare. Bij 4% organische stof bedraagt de afbraaksnelheid circa 1,7% en de jaarlijkse afbraak 2200-2600 kg organische stof per hectare. Deze uitgangspunten vereisen voor handhaving van het organische stof gehalte een grotere jaarlijkse aanvulling dan de behoefte van minimaal 1250 kg per ha die eerder op basis van de uitgangspunten van Kortleven (1963) berekend kon worden. Overigens spelen bij de afbraak en daarmee samenhangende jaarlijkse benodigde aanvulling vermoedelijk ook nog factoren zoals textuur, pH, de aard van de organische stof, en ontwatering een rol. Onderzoek naar de mogelijkheid en noodzaak om de afbraak daarvoor te differentiëren voor de genoemde factoren, loopt nog.

2.3 Bouwplannen

De onttrekkingen van N en P zijn berekend op bedrijfsniveau. Daarbij is uitgegaan van typerende bouwplannen per regio zoals die eerder gekarakteriseerd zijn door Van Dijk *et al.* (2012) voor de akkerbouw en door Van Dijk *et al.* (2007) voor de vollegrondsgroenteteelt. De samenstelling van de bouwplannen is weergegeven in Tabel 2a (akkerbouw) en Tabel 2b (vollegrondsgroenteteelt). Aangenomen is dat de samenstelling van bouwplannen sindsdien niet gewijzigd is. Benadrukt moet worden dat er bij een aantal bedrijven sprake is van kortdurende pacht (VGG3 en VGG5). Dit is van belang met het oog op de beoordeling van effecten op bodemvruchtbaarheid (fosfaat, organische stof). De berekeningen in dit rapport gaan uit van de versimpeling dat alle teelten op het eigen bedrijf plaatsvinden. Verder is aangenomen dat het stro van graan (maar niet dat van graszaad) wordt afgevoerd. Hoewel de bouwplannen naar regio zijn gedifferentieerd is uitgegaan van gemiddelde opbrengstniveaus voor klei, zand en löss en niet van regio-specifieke waarden zoals vermeld in KWIN.

Tabel 2a Gewasaandelen (in procenten van de bedrijfsoppervlakte) in de regio-specifieke voorbeeldbedrijven voor de akkerbouw (Van Dijk et al., 2012).

Gewas	Regio							
	NZK1	NZK2	CZK1	CZK2	ZWK	NON	ZON	Löss
Cons.-Aardappel				25	20		25	25
Zetm.-Aardappel						50		
Pootaardappel		33.3	33.3					
Suikerbiet	14	20	16.7	20	15	16.7	12.5	25
Wintertarwe	63	40	16.7	30	40			23
Zomergerst						33.3		22
Wintergerst	14							
Snijmaïs							25	
Graszaad					10			
Winterkoolzaad	9							
Zaaiuien		6.7	16.7	12.5	15			5
Waspeen							12.5	
Winterpeen				6.25				
Witlofwortelen				6.25				
C. Erwtten							12.5	
Tulp			16.7					
Lelie							12.5	
TOTAAL	100	100	100	100	100	100	100	100
Groenbemester	14	40	16.7	30	40	33.3	25 ¹	45

¹ onbemest vanggewas na maïs

Tabel 2b Gewasaandelen (in procenten van de bedrijfsoppervlakte) in de regio-specifieke voorbeeldbedrijven voor vollegrondsgroenten (Van Dijk et al., 2007).

Gewas	Regio					
	VGG1	VGG2	VGG3	VGG4	VGG5	VGG6
Cons.-Aardappel			15			
Pootaardappel	15	25				
Suikerbiet			5			
Wintertarwe		5	15			
Zaaiuien		5	5			
Prei				50	62.5	43
IJssla		5		50		
Aardbei						43
Broccoli	35				12.5	
Bloemkool	35					
Sluitkool		50				
Spruitkool			55			
Asperge						14
Knolvenkel					12.5	
Chinese Kool					12.5	
Boerenkool	5					
Knolselderij			5			
Tulp	10	10				
Totaal						
Groenbemester	10	10	15	30	22	14

3 Resultaten

3.1 Afvoer van N en P

De berekende jaarlijkse bouwplanafvoer van N is op dit moment 0-20 kg per ha groter dan becijferd werd bij de voorbereiding van het 5^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn in 2012-2013. Deze stijging is het sterkst op bedrijven met een hoog aandeel prei (VGG4-6). De gemiddelde afvoer verschilt sterk per bouwplan en varieert van gemiddeld 70 tot 190 kg N per ha. De berekende jaarlijkse afvoer van P is vrijwel gelijk gebleven en varieert van 20 tot 70 kg P₂O₅ per ha (Tabel 3).

3.2 Afvoer hoger dan P-gebruiksnorm

Bedrijven met een relatief groot aandeel suikerbieten, wintertarwe en/of snijmaïs hebben een relatief hoge P-onttrekking. Bij de voorbeeldbedrijven NZK1 en LOESS met graanaandelen in het bouwplan van, respectievelijk, 77% en 45%, leidt dit tot een fosfaatonttrekking die hoger is dan de P-gebruiksnorm bij de P-toestand 'neutraal' (60 kg P₂O₅ per ha). Bij de andere voorbeeldbedrijven is de P-gebruiksnorm (ruim) voldoende om de afvoer te compenseren, met name op vollegrondsgroentebedrijven (Tabel 3).

Tabel 3 Afvoer van stikstof en fosfaat in hoofdproducten (en bijproduct stro bij granen) volgens toenmalige berekening en volgens actuele inzichten.

Regio en bouwplan	Element en periode			
	N		P ₂ O ₅	
	Voordien*	Thans*	Voordien*	Thans*
NZK1	174	186	63	68
NZK2	150	158	54	57
CZK1	129	132	46	47
CZK2	154	159	55	58
ZWK	158	162	56	57
NON	138	138	52	53
ZON	131	145	46	51
LOESS	145	158	55	60
VGG1	74	75	25	25
VGG2	141	141	47	47
VGG3	137	147	48	52
VGG4	111	132	35	39
VGG5	88	107	29	31
VGG6	57	72	19	20

* Voordien: zoals gebruikt bij de onderbouwing van het 5^e Actieprogramma; Thans: op basis van geactualiseerde opbrengsten en P-gehalten (Tabel 1).

De kans op onttrekkingen die de gebruiksnorm overschrijden is groter naarmate het aandeel van suikerbieten, wintertarwe en/of snijmaïs groter is en de opbrengsten de gemiddelde opbrengsten sterker overstijgen. De invloed hiervan op bedrijfsniveau is voor een aantal denkbeeldige bedrijven verkend. Dit is gedaan door het aandeel wintertarwe of snijmaïs tot 50% te verhogen, al dan niet in combinatie met een 5% (punten) hoger suikerbietenaandeel, al dan niet in combinatie met opbrengsten die de gemiddelde opbrengst met 10% overstijgen. Het maximale verschil in fosfaatonttrekking als gevolg van verschillende uitgangspunten qua bouwplan en opbrengst bedraagt 17 kg P₂O₅ per ha per jaar. Bij gewasaandelen van wintertarwe of snijmaïs hoger dan 40% of

bovengemiddelde opbrengsten van minimaal één van die twee gewassen is de P-gebruiksnorm bij toestand neutraal niet altijd voldoende om de afvoer te compenseren (Tabel 4).

Tabel 4 Geschatte fosfaatonttrekking (kg P₂O₅ per ha per jaar) in afhankelijkheid van het bouwplanaandeel van wintertarwe en snijmaïs en/of suikerbieten (met gelijke delen peen, zaaiuien en witlofwortel als aanvullingen) en het veronderstelde opbrengstniveau van wintertarwe, snijmaïs en suikerbieten (onttrekkingen boven 60 kg P₂O₅ per ha per jaar vet gedrukt).

Gewas		Aandeel (%)									
Wintertarwe		30	50	30	50						
Suikerbieten		20	20	25	25	20	20	25	25		
Snijmaïs						25	50	25	50		
Cons.-Aardappel		20	20	20	20	20	20	20	20		
Peen		10	3.3	8.3	1.7	11.7	3.3	10	1.7		
Zaaiuien		10	3.3	8.3	1.7	11.7	3.3	10	1.7		
Witlofwortel		10	3.3	8.3	1.7	11.7	3.3	10	1.7		
Opbrengst*	Wt	Sb	Sm								
	9	80	45	58	64	59	65	53	56	54	58
	9.9	80	45	60	67	61	68	53	56	54	58
	9	88	45	59	65	61	66	54	58	56	59
	9	80	49.5	58	64	59	65	55	59	55	60
	9.9	88	45	61	69	63	70	54	58	56	59
	9.9	80	49.5	60	67	61	68	55	59	55	60
	9	88	49.5	59	65	61	66	56	61	57	62
	9.9	88	49.5	61	69	63	70	56	61	57	62

* ton versproduct per ha: Wt = wintertarwe, Sb = suikerbiet, Sm = snijmaïs.

3.3 Effectieve organische stof

Zonder het gebruik van mest en bij afvoer van eventueel graanstro wordt alleen in de bouwplannen ZWK, LOESS en VGG3 en VGG4 min of meer voldaan aan de minimale behoefte aan organische stof die nodig is bij bodems met 2% organische stof. In alle andere bouwplannen en ook als de wens bestaat om hogere organische stofgehalten te handhaven, dreigt het organische stof gehalte te dalen tenzij, waar mogelijk, graanstro wordt achtergelaten of dierlijke mest wordt gebruikt. Bij gebruik van varkensdrijfmest in een omvang gelijk aan de P-gebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha (toestand neutraal) wordt de aanvoer van effectieve organische stof evenwel maar weinig meer omdat varkensdrijfmest per kg P₂O₅ weinig recalcitrante ('effectieve') organische stof bevat. Alleen bij gebruik van rundveedrijfmest voldoen alle bouwplannen aan de jaarlijks nodig geachte aanvulling, ook als de wens bestaat om hogere organische stofgehalten te handhaven (Tabel 5).

Tabel 5 Aanvoer van effectieve organische (kg/ha per jaar) stof in afhankelijkheid van bouwplan en de gebruikte mestsoort (mestdosering o.b.v. P-gebruiksnorm bij toestand neutraal; graanstro, waar van toepassing, afgevoerd en een geslaagde groenbemester naar graan).

Regio en bouwplan	Mestsoort:		
	Geen mest	Varkensdrijfmest	Rundveedrijfmest
NZK1	1690	1870	3610
NZK2	1660	1850	3580
CZK1	1110	1300	3030
CZK2	1430	1610	3340
ZWK	1750	1930	3660
NON	1420	1600	3340
ZON	1110	1294	3030
LOESS	1720	1900	3640
VGG1	1620	1810	4090
VGG2	1520	1710	3440
VGG3	1850	2040	3770
VGG4	2280	2470	4200
VGG5	1450	1640	3370
VGG6	1590	1770	3510

4 Discussie

Dit rapport becijfert dat de onttrekking van met name N in de loop van de tijd is toegenomen als gevolg van de stijgende trend van opbrengsten. Die stijging van opbrengsten voltrok zich niet alleen gedurende de looptijd van het 5^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn maar ook bij beschouwingen over een langere periode (Schröder *et al.*, 2016). De in dit rapport becijferde veranderingen van de onttrekkingen houden echter geen rekening met het feit dat er met name in het geval van N sprake kan zijn van een negatief verband tussen opbrengsten en gehalten. Dat betekent dat de onttrekking in relatieve zin in werkelijkheid minder gestegen is dan de opbrengst en dus ook minder gestegen kan zijn dan berekend is in dit rapport. Met die daling van N-gehalten kan geen rekening gehouden worden zolang uit onderzoek niet gebleken is op welk opbrengstniveau de huidige gemiddelde gehalten betrekking hebben. Alleen daarom al is een regelmatige update van te hanteren gehalten wenselijk waarbij alsnog een verband gelegd dient te worden met het opbrengstniveau.

Op zichzelf rechtvaardigt een hogere N-afvoer een verruiming van gebruiksnormen omdat het N-bodemoverschot in dat geval lager is geworden. Beslissingen over de mate waarin dat mogelijk is, dienen niet alleen rekening te houden met eventuele wijzigingen van opbrengsten (en eventueel het N-gehalte, zoals hiervoor aangegeven), maar ook met andere wijzigingen. Voorbeelden hiervan zijn de geactualiseerde inzichten in de gebruikte soorten organische mest en de verdeling van zandgronden over de verschillende droogteklassen. Ook die factoren beïnvloeden de kans op nitraatuitspoeling namelijk. Overigens behoeft een hogere onttrekking van N als gevolg van autonome opbrengststijgingen niet hand in hand te gaan met een hogere N-behoefte (lees: N-advies) als ook de N-benutting van toegediende N is toegenomen. Het in dat geval lagere N-bodemoverschot kan dan verzilverd worden door elders op het bedrijf in een ander gewas extra N te geven ook al gaat dat in dat gewas gepaard met enige verhoging van het N-bodemoverschot: op bedrijfsniveau blijft de milieubelasting immers gelijk.

De P-gebruiksnormen voor bouwland met de toestand laag ($P_w < 36$), neutraal ($P_w 36-55$) en hoog ($P_w > 55$), bedragen, respectievelijk, 75, 60 en 50 kg P_2O_5 per ha per jaar. In vrijwel alle regio-specifieke bouwplannen wordt de afvoer van fosfaat met een gebruiksnorm van 60 kg P_2O_5 per ha voldoende gecompenseerd. Toediening van deze hoeveelheid fosfaat in bouwplannen met een lagere afvoer leidt tot stijging van de P-toestand als gevolg waarvan deze percelen uiteindelijk terugvallen op de lage P-gebruiksnorm van 50 kg P_2O_5 per ha. In bouwplannen met veel groenten overtreft ook deze aanvoer de jaarlijkse afvoer zodat de P-toestand daar verder zal blijven stijgen. In bouwplannen met veel wintertarwe en/of suikerbieten en/of snijmaïs, al dan niet in combinatie met bovennormale opbrengsten, kan minder P worden aangevoerd dan nodig is om de jaarlijkse afvoer te compenseren. De P-toestand zal in die situatie dalen, op termijn zelfs naar de toestand laag. Het bezwaar daarvan lijkt op het eerste gezicht beperkt omdat een teler bij die toestand opnieuw meer P mag toedienen. Vanuit een landbouwkundig oogpunt wil een teler echter helemaal niet in die toestand terecht komen omdat gewassen beter groeien bij een voldoende toestand met beperkte bemesting dan bij een lage toestand met een hoge bemesting. Het bemestingsadvies hanteert daarom een landbouwkundig streeftraject van $P_w 25/30-45$ (www.handboekbodembemesting.nl). Door de hogere P-gebruiksnorm bij een $P_w < 36$ zal in geval van hoge P-afvoeren de P_w zich naar verwachting stabiliseren tussen 30 en 35. Dit valt nog binnen het genoemde streeftraject. Milieukundig is een lage toestand ook niet gewenst omdat gebrek aan P ook de benutting van N kan verlagen (Schlegel & Havlin, 1995).

De resultaten van deze deskstudie geven ook aan dat de aanvoer van organische stof via gewasresten, groenbemesters, perspotten, kluitplanten en dekstro in alle hier onderzochte bouwplannen voldoende is om het organische stof gehalte te handhaven als runderdrijfmest gebruikt wordt in een hoeveelheid overeenkomstig de P-gebruiksnorm. Bij lagere giften, gebruik van varkensdrijfmest of bij geheel afzien van het gebruik van mest, dreigen in de meeste bouwplannen tekorten (vooral als beoogd wordt om relatief hoge organische stof gehalten op een hoog niveau te

houden) die op zijn minst deels kunnen worden gecompenseerd door graanstro niet langer af te voeren. Ook gebruik van compost kan dan een optie zijn. Zowel bij rundveemest als compost speelt wel de beschikbaarheid mogelijk een rol als deze op grotere schaal zouden worden ingezet.

Omdat onder de berekende balans van afbraak en aanvoer veel aannames liggen, wijst een aanvoer beneden die berekende behoefte niet per se op een dreigende daling van het organische stof-gehalte van de bodem en al helemaal niet per se op een daling van de bodemvruchtbaarheid in de zin van opbrengend vermogen. Een organische stof gehalte kan immers ook hoger zijn dan nodig voor een zo hoog mogelijke opbrengst of een zo hoog mogelijke benutting van inputs. Evenzo wijst een aanvoer groter dan de berekende behoefte niet zonder meer op een zekere stijging van het organische stof-gehalte. Idealiter dient de benodigde aanvulling die nodig is om het organische stof-gehalte op een zeker peil te houden dan ook niet alleen op basis van genoemde vuistregels bepaald te worden (op termijn eventueel verder verfijnd voor textuur, pH, aard van de organische stof en ontwatering), maar bedrijfsspecifiek te worden vastgesteld als functie van het aanwezige of gewenste gehalte, de aard van de organische stof, het soortelijk gewicht van de grond en de bouwvoordikte. De aldus becijferde aanvoerbehoefte kan vervolgens worden geconfronteerd met de geschatte aanvoer van waaruit vervolgens kan worden afgeleid of het organische stof-gehalte tot dalen dan wel tot stijgen neigt. De uitkomst hiervan kan een aanleiding zijn om de bodem (opnieuw) te bemonsteren. In de analyse van dat monster ligt het ultieme bewijs of er per saldo opbouw of afbraak van organische stof heeft plaatsgevonden. Ook dan is waakzaamheid geboden omdat een juiste interpretatie lastig is in verband met dichtheidsverandering van de bodem, wijzigen van de bemonsteringsdiepte als gevolg van gewijzigde grondbewerkingsmethoden, en contaminatie van diepere bodemlagen met bodemmateriaal uit hoger gelegen lagen tijdens de monsternamen. Pas als herhaalde, meerjarige analyses systematisch in een bepaalde richting wijzen, kan ook met zekerheid iets beweerd worden over het lot van N en P die aan de organische stof gebonden zijn.

5 Conclusie

De autonome stijging van opbrengsten rechtvaardigt bij een aantal bouwplannen ruimere N giften dan indertijd vastgesteld bij de onderbouwing van het 5^e Nederlandse Actieprogramma Nitraatrichtlijn; de mate waarin dit vanuit nitraatuitspoeling verdedigbaar is hangt echter ook af van andere factoren.

De grote variatie in P-onttrekking rechtvaardigt een differentiatie van de huidige P-gebruiksnormen in twee richtingen; bij een verrekening van die variatie in het kader van equivalente maatregelen, moet vanwege de grote verschillen tussen bedrijven wel aandacht gegeven worden aan de aantoonbaarheid van een eventueel afwijkende P-onttrekking.

Bij de meeste bouwplannen kan zonder organische mest niet voldaan worden aan de minimale behoefte aan organische stof; bij gebruik van de juiste soort organische mest én voldoende beschikbaarheid, is dat in ruime mate het geval en vormt de huidige P-gebruiksnorm daarbij geen belemmering.

Literatuur

- Beukeboom, J.A., 1996. Forfaitaire gehalten voor de mineralenboekhouding. Informatie- en Kennis Centrum Landbouw, Ede, The Netherlands, 22 pp.
- Ehlert, P.A.I., J.C. van Middelkoop & P.H.M. Dekker, 2006. Actualisatie van fosfaatgehalten en fosfaatafvoer van landbouwgewassen; een verkenning op basis van onderzoeksgegevens. Rapport 1348, Alterra, Wageningen, 92 pp.
- Ehlert, P.A.I., P.H.M. Dekker, J.R. van der Schoot, R. Visschers, J.C. van Middelkoop, M.P. van der Maas, A.A. Pronk & A.M. van Dam, 2009. Fosforgehalten en fosfaatafvoercijfers van landbouwgewassen. Rapport 1773, Alterra, Wageningen, 125 pp.
- Kortleven, J., 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Wageningen, 109 pp.
- Schröder, J.J., 2017. Inventarisatie van kansrijke equivalente maatregelen. Rapport. Brancheorganisatie Akkerbouw, 's-Gravenhage (in druk).
- 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., J.J. de Haan & J.R. van der Schoot, 2015. Meststofgebruiksruimte in relatie tot opbrengstniveaus, mestsoort en rijenbemesting; Verkenning van equivalente maatregelen met het WOG 2.0 rekenmodel. Rapport 638, PPO-AGV, Lelystad, 44 pp.
- Schröder, J.J., G.L. Velthof, C. van Bruggen, C. Daatselaar, T. de Koeier, H. Prins & K.J. Wolswinkel, 2016. Ontwikkeling van gewasopbrengsten in relatie tot gewijzigde gebruiksnormen; ex post vraag 8, Evaluatie Meststoffenwet 2016. Notitie, WPR, Wageningen UR, 29 pp.
- Schlegel, A.J. & J.L. Havlin, 1995. Corn response to long-term nitrogen and phosphorus fertilization. J. Prod. Agric. 8, 181-185.
- Ten Berge, H.F.M., W. van Dijk, S. Burgers & J.R. van der Schoot, 2012. Rekenregels voor differentiatie van de stikstofgebruiksnormen. PRI rapport 462, Wageningen UR, 71 pp.
- Van der Schoot & W. van Dijk, 2001. N- en P-afvoer akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, projectrapport, 13 pp (excl bijlagen).
- Van Dijk, W., 2003. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. PPO-publicatie nr. 307, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, 66 pp.
- Van Dijk, W., W. van den Berg & H.F.M. ten Berge, 2008. Regionale variatie in opbrengst van akkerbouwgewassen in Nederland. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 379, 39 pp.
- Van Dijk, W., P.H.M. Dekker, H.F.M. ten Berge, A.L. Smit & J.R. van der Schoot, 2007. Aanscherping van fosfaatgebruiksnormen op bouwland bij akker- en tuinbouwgewassen. Rapport 367, PPO-AGV, Lelystad, 88 pp.
- Van Dijk, W., J. Spruijt, W. Runia & W.C.A. van Geel, 2012. Verruiming vruchtwisseling in relatie tot mineralenbenutting, bodemkwaliteit en bedrijfseconomie op akkerbouwbedrijven. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Publicatie nr. 527, 77 pp.

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport 683

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Correspondentie adres voor dit rapport:
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport 683

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

