

# Flexibilisering gebruiksnormen

Verkenning perspectieven voor de akkerbouw

Wim van Dijk, Harm Brinks & Romke Postma



© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, AGV

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

Dit onderzoek is uitgevoerd door Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO), DLV Plant en Nutriënten Management Instituut (NMI) in het kader van het Masterplan Mineralenmanagement en is gefinancierd door het Productschap Akkerbouw



PRODUCTSCHAP AKKERBOUW

Projectnummer: 32 501941 00

## Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR Business Unit AGV

Address : Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad  
Tel. : +31 320 291111  
Fax : +31 320 230479  
E-mail : [info.ppo@wur.nl](mailto:info.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING .....	9
1.1 Aanleiding .....	9
1.2 Doel en afbakening .....	9
1.3 Globale aanpak.....	9
1.4 Leeswijzer.....	10
2 ELEMENTEN VAN FLEXIBILISERING IN HUIDIG STELSEL.....	11
2.1 Stikstof .....	11
2.2 Fosfaat .....	11
3 BOUWSTENEN VOOR VERDERE FLEXIBILISERING .....	13
3.1 Verschillen in stikstof- en fosfaatbemestingsbehoefte.....	13
3.1.1 Stikstof .....	13
3.1.2 Fosfaat .....	28
3.2 Verschillen in stikstof- en fosfaatoverschot.....	33
3.2.1 Stikstof .....	33
3.2.2 Fosfaat .....	41
3.3 Verschillen in uitspoelingsgevoeligheid.....	42
3.3.1 Hydrologie .....	42
3.3.2 Grondsoort.....	42
3.4 Conclusie.....	44
4 SYSTEMEN VAN DIFFERENTIATIE .....	47
4.1 Systemen en varianten .....	47
4.2 Randvoorwaarden .....	52
4.3 Conclusie .....	53
5 REFERENTIES.....	55



# Samenvatting

De huidige generieke stikstofgebruiksnorm voor gewassen houdt weinig rekening met de variatie in de stikstofbehoefte waarvan in de praktijk sprake is en waarmee in de bemestingsadviezen veelal wel rekening wordt gehouden. Deze variatie is een gevolg van o.a. verschillen in bodemomstandigheden (o.a. stikstofleverend vermogen), productieniveaus, rassen en management van de ondernemer. Bij fosfaat wordt bij de gebruiksnorm wel rekening gehouden met de fosfaattoestand van de bodem. Maar naast fosfaattoestand wordt de behoefte mede bepaald door andere factoren zoals gewas, grondsoort en bemestingswijze (volvelds of geplaatst). Hiermee houdt de gebruiksnorm geen rekening.

Vanuit het Masterplan Mineralenmanagement wil men weten welke mogelijkheden er zijn om binnen milieurandvoorwaarden te komen tot systemen van flexibilisering van gebruiksnormen waarbij rekening wordt gehouden met de perceels- en bedrijfskenmerken van de ondernemer. Door PPO, NMI en DLV-Plant is in opdracht van Productschap Akkerbouw een studie uitgevoerd naar de perspectieven voor verdere differentiatie van het gebruiksnormenstelsel. Op verzoek van de opdrachtgever was het uitgangspunt hierbij een lagere generieke gebruiksnorm dan nu, maar met de mogelijkheden om binnen milieurandvoorwaarden maatwerk te leveren waar de norm te krap is.

## Elementen voor differentiatie

Voor zowel stikstof als fosfaat is eerst nagegaan op basis van welke elementen verdere differentiatie van het huidige stelsel mogelijk is.

### *Stikstof*

Er is onderscheid gemaakt tussen perceels- en gewasfactoren en managementmaatregelen die de N-efficiency verhogen.

### Perceels- en gewasfactoren

Meest voor de hand liggende perceels- en gewasfactoren op basis waarvan de N-gebruiksnorm kan worden gedifferentieerd zijn opbrengstniveau en hoeveelheid minerale N in het voorjaar. Deze factoren zijn van invloed op de gewasbehoefte (voor opbrengst geldt dit alleen voor consumptieaardappel, maïs en wintertarwe) en het N-overschot en zijn redelijk tot goed vast te stellen en te handhaven.

Differentiatie naar opbrengst vraagt wel een sluitende administratie van de opbrengsten van de gewassen. Voor de grote akkerbouwgewassen (aardappelen, suikerbieten, granen, uien, peen) lijkt dit goed mogelijk. Bij differentiatie op basis van de N<sub>min</sub>-voorraad moet deze worden gemeten. Dit zal moeten worden uitgevoerd door gecertificeerde labs en er zal een protocol moeten worden ontwikkeld waarin is aangegeven hoe en wanneer moet worden bemonsterd.

Tenslotte moet worden benadrukt dat verruiming van de gebruiksnorm op basis van hoge opbrengsten of lage N<sub>min</sub>-voorraad betekent dat de norm op de overige percelen moet worden verlaagd teneinde differentiatie milieutechnisch neutraal te laten verlopen.

Hoewel het mineralisatieniveau van de bodem eveneens een duidelijke relatie heeft met de bemestingsbehoefte is er op dit moment nog geen goede indicator beschikbaar. Dit betekent dat differentiatie op basis van mineralisatieniveau op dit moment nog niet kan worden meegenomen. De consequentie daarvan is dat percelen met een hoge mineralisatie niet uit te filteren zijn en daardoor ook in aanmerking kunnen komen voor extra gebruiksruiimte, terwijl dat voor de teelt niet nodig is. Wel kan worden overwogen om op percelen waarop N-rijke gewasresten zijn ondergewerkt (gras, luzerne, suikerbieten) uit te sluiten van verruiming van de norm of slechts in beperkte mate een verruiming toe te staan.

Een differentiatie op basis van rassen is bij aardappelen verantwoord, aangezien daar sprake is van een duidelijke relatie met de N-behoefte. In het huidige stelsel is voor aardappelen echter al een rassendifferentiatie opgenomen die in het algemeen goed werkbaar is. Bij de andere gewassen is er op dit moment landbouwkundig geen duidelijke reden of ontbreekt informatie om verder te differentiëren naar ras.

Hoewel teeltwijze bij wintertarwe en zomergerst van invloed is op de N-behoefte, is de relevantie voor de akkerbouwpraktijk minder groot. Verreweg de meeste tarwe en zomergerst worden geoogst als respectievelijk voertarwe en brouwgerst.

Door verschillen in hydrologie en grondsoort zijn er duidelijk verschillen in N-uitspoelingsgevoeligheid tussen percelen. Deels wordt daar in het huidige stelsel al rekening mee gehouden door verschillen in gebruiksnormen tussen hoofdgrondsoorten. Bij zandgronden is de hydrologie van grote invloed op de uitspoeling naar het grondwater. Differentiatie op basis van deze factor valt milieukundig goed te verdedigen. De teler kan daar echter niet op sturen. Bovendien is het beleid juist afgestapt van het onderscheid tussen droge en natte zandgronden.

### Maatregelen

Differentiatie naar maatregelen die de N-efficiency verhogen zijn vooral interessant in situaties dat de gebruiksnorm lager is dan het landbouwkundig advies en er sprake is van een suboptimale N-bemesting. Wanneer in zo'n situatie de efficiency van de toegediende N wordt verhoogd, stijgt de N-opname en daalt het N-overschot. De gebruiksnorm kan in dat geval omhoog, aangezien een bepaald toegestaan N-overschot dan bij een hogere N-gift wordt gerealiseerd dan in een situatie zonder maatregel. Deze situatie komt vooral voor op zand- en lössgronden, zeker als op termijn de gebruiksnormen verder worden aangescherpt. Voor situaties waarin er sprake van een optimale N-voorziening is er geen reden de N-gebruiksnorm te verhogen, maar kan er worden bespaard op N. Deze situatie komt globaal voor op kleigrond.

Bij de efficiency verhogende maatregelen biedt vooral de hoeveelheid en soort dierlijke mest het meeste perspectief. Het effect op het overschot is relatief groot en via de mestboekhouding is het mestgebruik goed in kaart te brengen en te controleren.

Bij gebruik van minder dierlijke mest of mestsoorten met een hogere stikstofwerking (bijvoorbeeld dunne fracties of mineralenconcentraten) kan de gebruiksnorm worden verhoogd om eenzelfde N-overschot te realiseren dan bij gebruik van 100 kg N per ha uit varkensdrijfmest (N-totaal-aanvoer bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha). Anderzijds is het zo dat indien mestsoorten worden gebruikt die een lagere werking hebben dan varkensdrijfmest (zoals runderdrijfmest of compost) de gebruiksnorm moet worden verlaagd voor een vergelijkbaar milieuresultaat.

De andere maatregelen zijn of op grotere schaal minder goed inpasbaar in de bedrijfsvoering (afvoeren bietenblad, telen van vanggewassen) of hebben een relatief gering effect op het overschot (vanggewassen, bemestingstechniek) cq. zijn minder goed of niet te controleren.

Wel moet worden opgemerkt dat door nieuwe ontwikkelingen een aantal van deze maatregelen meer in beeld kunnen komen. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer in het kader van energieopwekking gebruik van het bietenblad in vergistingsinstallaties aantrekkelijk wordt. Ook kan de inzet van vanggewassen interessanter worden bij het beschikbaar komen van aaltjesresistente rassen of wanneer het aandeel vroege rassen gaat toenemen.

De genoemde maatregelen zijn op dit moment (nog) niet verdisconteerd in de gebruiksnormen. Dat betekent dat, anders dan bij differentiatie op basis van opbrengst of Nmin-voorraad, differentiatie op basis van een dergelijke maatregel geen consequenties heeft voor de gebruiksnorm voor telers die niet differentiëren.

### *Fosfaat*

De fosfaatbehoefte hangt sterk af van gewas en fosfaattoestand. De huidige norm is al gedifferentieerd naar fosfaattoestand. Verdere differentiatie naar gewas(groep) is op zich goed in te passen in het huidige stelsel. Echter, gezien de huidige hoge fosfaattoestand van de landbouwbodems in Nederland is de noodzaak minder groot. Alleen op bedrijven met een relatief hoog aandeel fosfaatbehoefte gewassen is op percelen met een fosfaattoestand in het traject Pw 25-35 (toestand laag in wetgeving) vanuit oogpunt van gewasbehoefte meer nodig dan de komende jaren voorziene normen. In deze situaties kan ook verbetering van bemestingstechniek via een betere plaatsing een oplossing bieden, waardoor bij een lagere

norm het risico van opbrengstderving kan worden verminderd.

Bij fosfaat zijn ook de lange termijn effecten van verlaagde gebruiksnormen op het verloop van de fosfaattoestand van belang. Hierbij speelt de fosfaatafvoer met geoogst product van het bouwplan in relatie tot de toegestane gebruiksnorm een belangrijke rol. De fosfaatafvoer wordt vooral bepaald door de opbrengst van de gewassen in het bouwplan.

Met de voor de komende jaren voorziene gebruiksnormen is er in het landbouwkundig belangrijke Pw-traject van 25-45 gemiddeld genomen nog steeds sprake van een fosfaatoverschot. Wel zal op bedrijven met hoge opbrengsten de afvoer hoger zijn dan de toegestane aanvoer in het Pw-traject 36-45, waardoor de Pw's op termijn naar waarden tussen de 30-35 zullen dalen. In die situatie is, vooral voor bedrijven met een hoog aandeel fosfaatbehoefte gewassen, differentiatie naar opbrengst een goed instrument om daling van de Pw onder het streeftraject te voorkomen. De consequentie is dan wel dat de fosfaatafvoer op bouwplanniveau moet worden vastgesteld en dus voor alle gewassen een sluitende opbrengstadministratie moet worden bijgehouden.

In deze studie is enkel gekeken naar de relatie tussen toegestane fosfaatgebruiksnorm en de fosfaatbehoefte. De fosfaatgebruiksnorm beïnvloedt tevens de mogelijkheden van organische stoftoevoer. Verdere differentiatie van de fosfaatgebruiksnorm zal daarmee ook van invloed zijn op mogelijkheden van organische stofaanvoer.

### **Systemen van differentiatie**

Globaal kunnen drie systemen worden onderscheiden: het van tevoren vaststellen van een gedifferentieerde norm (inspanningsverplichting) of een systeem met gedifferentieerde normen met controle achteraf via het N-overschot of via bepaling van de hoeveelheid minerale bodem-N in de herfst (resultaatverplichting).

#### *Vaststelling vooraf*

Bij dit systeem wordt voor elk element van differentiatie (bijvoorbeeld opbrengstniveau, voorraad minerale bodem-N in het voorjaar, omvang en soort mestgebruik) van tevoren bepaald hoeveel extra de generieke gebruiksnorm mag worden verruimd.

Naast regels over de mate waarin de norm mag worden verhoogd in diverse situaties moet er een generieke norm worden afgeleid. Hierin moet een verhoogde norm bij hoge opbrengsten en/of lage N<sub>min</sub>-waarden zodanig zijn verdisconteerd dat dit milieutechnisch neutraal verloopt. Dit betekent dat de generieke norm bij differentiatie lager zal zijn dan in een geval zonder differentiatie. Hoe beperkter de ruimte is voor verruiming van de norm des te minder sterk hoeft de generieke norm te worden aangepast.

Belangrijke voordelen van dit systeem zijn dat het goed aansluit bij het huidige stelsel, waarbij per gewas/situatie een van tevoren vastgestelde norm geldt. Er is geen controle achteraf nodig, maar conform de wens van de EU wordt van tevoren vastgesteld hoe hoog de norm mag zijn gegeven de specifieke situatie.

Nadelen zijn de extra te ontwikkelen en te onderhouden rekenregels om aan te geven hoe hoog de gedifferentieerde norm mag zijn in diverse situaties. Voor telers die gebruik maken van differentiatie zullen de administratieve lasten toenemen (o.a. opbrengstregistratie, bodemanalyses).

#### *Differentiatie met controle achteraf*

Het hierboven beschreven systeem is gebaseerd op een inspanningsverplichting. Een andere insteek is om te kiezen voor een resultaatverplichting. Het resultaat van het mineralenbeleid is het voldoen aan de nitraatnorm in het bovenste grondwater. Het is echter ondoenlijk dit op grote schaal te gaan meten. Wel is het mogelijk gebruik te maken van afgeleide indicatoren zoals het N-overschot of de hoeveelheid minerale bodem-N in de herfst.

#### N-overschot

In dit systeem berekent de teler het N-overschot op zijn/haar bedrijf. Deze mag een bepaalde grenswaarde niet overschrijden. Praktisch gezien zal de balans meestal van tevoren worden opgesteld om na te gaan hoeveel ruimte er is om af te wijken van de generieke norm. Dit kan worden geborgd via een verplichting

voor een gedocumenteerd bemestingsplan met gemeten N-min-voorraad en gedocumenteerde gemiddelde opbrengsten over bijvoorbeeld de laatste 5 jaar.

Voordeel van dit systeem is dat het maatwerk biedt op bedrijfsniveau. Een op een bedrijfsbalans gebaseerd systeem past ook goed bij eventuele differentiatie van de fosfaatgebruiksnorm naar opbrengst. Dit vereist immers een beoordeling van de fosfaatbalans op bouwplanniveau.

Nadeel is dat bij dit systeem voor alle gewassen een opbrengstregistratie moet plaatsvinden omdat anders geen bedrijfsbalans kan worden opgesteld. In het systeem vooraf is dat alleen nodig voor die gewassen waar op basis van opbrengstniveau wordt afgeweken van de generieke norm. Dit geeft extra administratieve lasten voor de teler en ook zullen de handhavingskosten stijgen. Verder is het systeem vergelijkbaar met Minas dat in het verleden door de EU is afgekeurd.

Een ander nadeel is dat in situaties met een hoog N-leverend vermogen van de bodem minder N nodig is. Dit leidt tot een lager N-overschot waardoor er onterecht meer gebruikruimte wordt gegeven. Dit nadeel geldt overigens ook voor het systeem vooraf.

#### Minerale bodem-N in de herfst

Bij deze optie wordt in geval van differentiatie (afwijking van de generieke norm) in de herfst de hoeveelheid minerale bodem-N gemeten. Deze mag een bepaalde grenswaarde niet overschrijden. Evenals bij het N-overschot zal ook in dit systeem de generieke norm lager moeten zijn dan in een systeem zonder differentiatie. Immers, vooral telers met relatief lage Nmin-waarden (hoge opbrengsten, lage N-bodemlevering) zullen meer gaan bemesten waardoor de totale milieubelasting zal gaan stijgen. Deze verlaging van de generieke norm kan worden beperkt indien de toegestane grenswaarde voor de Nmin,herfst wordt verlaagd (minder telers zullen dan gebruik maken van differentiatie).

Voordelen van dit systeem zijn dat via meting van de Nmin,herfst ook rekening wordt gehouden met het N-leverend vermogen van de bodem. Bij een rijke bodem zal er meer Nmin achterblijven waardoor er in dat geval minder snel zal worden afgeweken van de generieke norm. Verder is er voor de overheid naast de Nmin-meting geen extra controle nodig (op opbrengstniveau e.d.). Ook de teler hoeft niet een dergelijke registratie bij te houden. IJkpunt is slechts de hoeveelheid minerale bodem-N die in de herfst achterblijft. Nadeel is dat er extra kosten worden gemaakt voor het uitvoeren van de Nmin-metingen. Ook vanuit de overheid zal een systeem van registratie en controle op Nmin nodig zijn. Verder is gebleken dat de stuurbaarheid op Nmin najaar niet altijd even goed is. Daarnaast is een Nmin-meting, anders dan het N-overschot, een momentopname. In een situatie waarin bijvoorbeeld veel gewasresten op het land achterblijven zal dit niet volledig zijn verdisconteerd in de Nmin. Ook kan door veel neerslag in de (na)zomer een deel van de N al zijn uitgespoeld. Verder kan de Nmin tussen jaren fluctueren. Met dat laatste kan eventueel rekening worden gehouden door gebruik te maken van referentiepercelen.

#### *Randvoorwaarden*

Om een systeem van gedifferentieerde gebruiksnormen extra te borgen kunnen aanvullende randvoorwaarden worden gesteld voor het afwijken van de generieke norm. Hierbij kan worden gedacht aan het verplicht stellen van een bemestingsplan, een meting van de voorraad Nmin in het voorjaar en een sluitende opbrengstadministratie. Daarnaast kan worden overwogen om percelen waar N-rijke gewasresten zijn ondergewerkt of percelen met hoge organische stofgehalten uit te sluiten van verruiming van de gebruiksnorm.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De huidige generieke stikstofgebruiksnorm voor gewassen houdt weinig rekening met de variatie in de stikstofbehoefte waarvan in de praktijk sprake is en waarmee in de bemestingsadviezen veelal wel rekening wordt gehouden. Deze variatie is een gevolg van o.a. verschillen in bodemomstandigheden (o.a. stikstofleverend vermogen), productieniveaus, rassen en management van de ondernemer. Bij een verdere generieke aanscherping van de gebruiksnorm, zoals die te verwachten is op zand- en lössgronden, wordt het steeds lastiger om naar behoefte te bemesten. Er is behoefte aan maatwerk.

Bij fosfaat wordt bij de gebruiksnorm al rekening gehouden met de fosfaattoestand van de bodem. Maar naast fosfaattoestand wordt de behoefte mede bepaald door andere factoren zoals gewas, grondsoort en bemestingswijze (volvelds of geplaatst). De gebruiksnorm houdt hiermee geen rekening.

Vanuit het Masterplan Mineralenmanagement wil men weten welke mogelijkheden er zijn om binnen milieurandvoorwaarden te komen tot systemen van flexibilisering van gebruiksnormen waarbij rekening wordt gehouden met de perceels- en bedrijfskenmerken van de ondernemer. *Uitgangspunt hierbij is een lagere generieke gebruiksnorm dan nu, maar met de mogelijkheden om binnen milieurandvoorwaarden maatwerk te leveren waar de norm te krap is.*

## 1.2 Doel en afbakening

### Doel

Doel van het project is een verkenning naar geborgde systemen van flexibilisering van stikstof- en fosfaatgebruiksnormen op akkerbouwbedrijven binnen milieurandvoorwaarden.

### Afbakening

- Het project betreft een verkenning naar mogelijke systemen van flexibilisering, een praktijktoets maakt hiervan geen onderdeel uit
- Uitgangspunt is een lage generieke gebruiksnorm waarbij afhankelijk van bedrijfs- en perceelskenmerken een verhoging mogelijk is. Het gevolg van deze keuze is dat de ongedifferentieerde generieke gebruiksnorm in een systeem met flexibele gebruiksnormen lager zal zijn dan in een systeem zonder flexibele gebruiksnormen. Dit is nodig om milieukundige ruimte te creëren voor verhoging van de norm voor bedrijven waar dat nodig is. Het alternatief is dat voor elk bedrijf de gebruiksnorm op basis van perceels- en gewassenmerken bedrijfsspecifiek wordt vastgesteld. In dat geval moet er op elk bedrijf een inspanning worden gedaan om de norm vast te stellen. Hiervoor is in deze studie niet gekozen. Insteek is juist om alleen maatwerk te leveren waar dat nodig is.
- We gaan niet in op *juridische* haalbaarheid van vormen van differentiatie, de studie richt zich meer op wat inhoudelijk relevant is.
- Daar waar aspecten van differentiatie gewasspecifiek zijn, beperken we ons tot de belangrijkste akkerbouwgewassen: aardappelen, suikerbieten, wintertarwe, zomergerst uien en graszaad.

## 1.3 Globale aanpak

Bij de uitvoering van de studie is een aanpak gehanteerd via de volgende stappen:

1. Inventarisatie van bouwstenen voor flexibilisering
2. Beoordeling bouwstenen
3. Uitwerken systemen

Het project is uitgevoerd in een samenwerkingsverband van Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (Wim van Dijk), DLV Plant (Harm Brinks) en Nutriënten Management Instituut (Romke Postma).

De projectaanpak en het concept-rapport zijn in breder verband besproken in een begeleidingsgroep die bestond uit Mark Heijmans (LTO), Mark Brantjes (NAV), Kor Zwart (WUR-Alterra), Arjan Reijneveld (BLGG AgroXpertus), DLV Plant (Harm Jan Russchen, Henry van den Akker) en het projectteam.

## 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt eerst aangegeven welke elementen van differentiatie er op dit moment al in het gebruiksnormenstelsel zitten. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 een inventarisatie gegeven van factoren op basis waarvan verdere differentiatie mogelijk zou kunnen zijn. Deze factoren zijn beoordeeld op basis van diverse criteria. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op mogelijke systemen met de diverse elementen.

## 2 Elementen van flexibilisering in huidig stelsel

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de elementen van differentiatie die er op dit moment al in het gebruiksnormenstelsel zitten.

### 2.1 Stikstof

Voor stikstof kent het huidige stelsel de volgende elementen van differentiatie:

- De stikstofgebruiksnorm is gedifferentieerd naar gewas en hoofdgrondsoort (klei, zand, löss en veen).
- Bij poot- en consumptieaardappelen is er een onderverdeling in drie rasgroepen (groepen laag, overig en hoog). Deze indeling berust deels op verschillen in vroegheid van rassen en is op basis van expertkennis (adviseurs, onderzoek) tot stand gekomen (Anonymus, 2009).
- Voor fritesaardappelen en suikerbieten is er de mogelijkheid voor een ruimere stikstofgebruiksnorm in geval van hoge opbrengstniveaus.
  - Fritesaardappelen: bij opbrengst > 50 ton per ha een 30 kg N per ha hogere gebruiksnorm
  - Suikerbieten: bij opbrengst > 75 ton per ha een 15 kg N per ha hogere gebruiksnorm

### 2.2 Fosfaat

Voor fosfaat kent het huidige stelsel de volgende elementen van differentiatie:

- Er wordt onderscheid gemaakt tussen grasland en bouwland. Binnen bouwland is er geen onderscheid naar geteeld gewas.
- De fosfaatgebruiksnorm hangt af van de fosfaattoestand van de bodem (Tabel 1). Er worden drie klassen onderscheiden: laag, neutraal en hoog. Daarnaast is er de mogelijkheid voor reparatiebemesting bij een Pw lager dan 25.

Tabel 1. **Fosfaatgebruiksnormen voor bouwland in relatie tot fosfaattoestand van de bodem (Pw).**

Jaar	Fosfaattoestand (Pw)			
	Laag, reparatie Pw < 25	Laag 25 ≤ Pw < 36	Neutraal 36 ≤ Pw ≤ 55	Hoog Pw > 55
2006	160	95	95	95
2009	160	85	85	85
2013	120	85	65	55
2015 <sup>1</sup>		75	60	50

<sup>1</sup> betreft indicatieve norm



## 3 Bouwstenen voor verdere flexibilisering

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op relevante perceels- en bedrijfsfactoren op basis waarvan verdere flexibilisering van gebruiksnormen kan plaatsvinden. Hierbij worden de volgende aangrijpingspunten onderscheiden:

- Verschillen in stikstof- en fosfaat bemestingsbehoefte
- Verschillen in stikstof- en fosfaatoverschot (ten behoeve van inschatting risico op stikstof- en fosfaatverlies)
- Verschillen in uitspoelingsgevoeligheid percelen (stikstof)

De genoemde aangrijpingspunten zijn gekozen omdat ze bepalend zijn bij de vaststelling van gebruiksnormen: de bemestingsbehoefte als plafond voor de gebruiksnorm en het stikstof- en fosfaatoverschot en de uitspoelingsgevoeligheid van percelen voor de milieutechnische ruimte. Een aantal van deze factoren is ook reeds genoemd in de studie naar de gebiedsgerichte uitwerking van de Nitraatrichtlijn (Schoumans et al., 2010).

### *WOG-model*

Om de effecten van diverse bouwstenen van differentiatie te kwantificeren is gebruik gemaakt van het WOG-model (WOG staat voor Werkgroep Onderbouwing Gebruiksnormen). Binnen de WOG is een model ontwikkeld waarbij bij een gegeven bemesting de verwachte nitraatuitspoeling naar het bovenste grondwater kan worden berekend (Schröder et al., 2004, Van Dijk & Schröder, 2007). Eerst berekent het model op basis van de aangevoerde N en de werkzaamheid ervan de N-opname door het gewas en welk deel met het geoogste product wordt afgevoerd. Uit het hieruit resulterende N-bodemoverschot wordt vervolgens via de uitspoelfractie (Fraters et al., 2007) de uitspoeling berekend. Het model kan ook terugrekenen, namelijk bij een gegeven doelnitraatgehalte de toelaatbare N-bemesting berekenen. Met het model kunnen op zowel gewas- als bouwplanniveau berekeningen worden uitgevoerd. Evaluatie op bouwplanniveau betekent dat gewassen met lage N-overschotten (bijvoorbeeld granen) wat extra gebruiksruimte geven aan gewassen met hogere N-overschotten (uitspoelingsgevoelige gewassen zoals aardappelen en diverse groentegewassen).

### 3.1 Verschillen in stikstof- en fosfaatbemestingsbehoefte

Wanneer in dit rapport gesproken wordt over stikstof- en fosfaatbehoefte bedoelen we steeds de bemestingsbehoefte. Dat is de hoeveelheid stikstof en fosfaat die met meststoffen moet worden toegediend om een optimaal teeltresultaat te realiseren. De bemestingsbehoefte hangt af van diverse gewas- en perceelskenmerken.

#### 3.1.1 Stikstof

De stikstofbemestingsbehoefte wordt bepaald door de volgende factoren:

- Opbrengstniveau
- N-leverend vermogen van de bodem
- Rassenkeuze
- Teeltwijze gewas

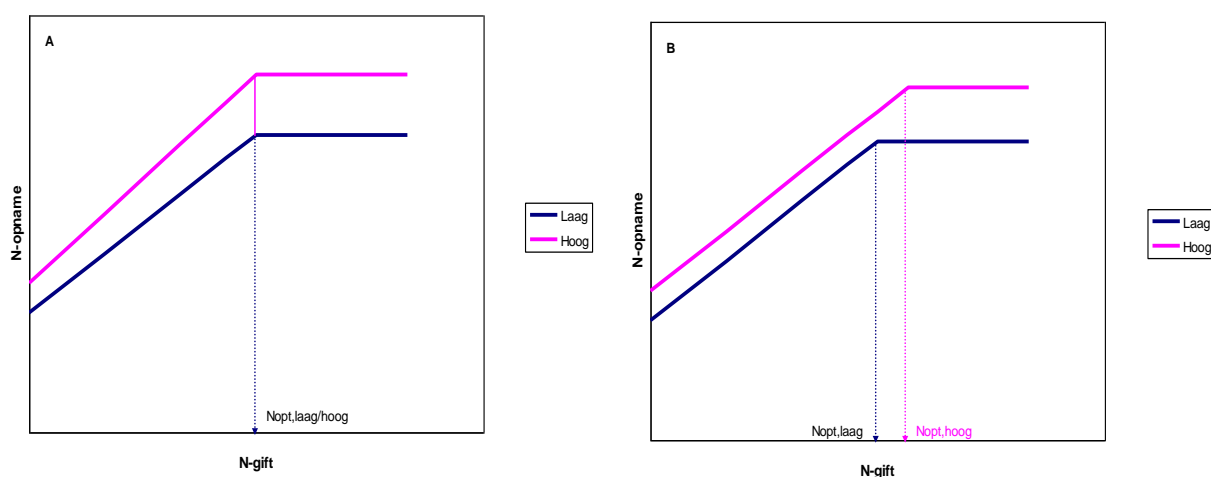
#### **Opbrengstniveau**

##### *Relatie met stikstofbemestingsbehoefte*

Hoewel een hoger opbrengstniveau doorgaans leidt tot een hogere stikstofopname (Ten Berge et al., 2011); Van der Schoot & van Dijk, 1999), hoeft dat niet perse te betekenen dat daardoor ook de N-behoefte hoger is. Dit is geïllustreerd in Figuur 1 waarin schematisch het verband tussen N-bemesting en N-opname van een gewas is weergegeven. Indien bij een hoger opbrengstniveau en hogere N-opname

tegelijktijd de opname-efficiëntie (helling van het schuine lijnstuk) toeneemt (situatie A) kan het zijn dat de optimale N-bemesting gelijk blijft. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer het gewas door de betere productieomstandigheden een groter wortelstelsel ontwikkelt en daardoor beter in staat is de aanwezige N in de bodem op te nemen. Wanneer dit niet het geval is (situatie B) stijgt de N-behoefte en is er landbouwkundig reden de N-bemesting te verhogen.

Ten Berge et al. (2011) hebben voor een aantal grotere akkerbouwgewassen onderzocht in hoeverre de optimale N-gift afhangt van het opbrengstniveau van het gewas en de nulopname (stikstofopname door een onbemest gewas). De laatste kan worden gezien als een indicator voor het N-leverend vermogen van de bodem. Door in de analyse beide factoren mee te nemen kunnen te verwachten tegengestelde effecten op de optimale N-gift (bij hogere opbrengst hogere behoefte en bij hogere bodemlevering lagere behoefte) van elkaar worden gescheiden. Bij de gewassen consumptieaardappel, wintertarwe en snijmaïs werd een significant positief verband gevonden tussen opbrengstniveau en optimale N-gift (Tabel 2). Het effect bedroeg respectievelijk ruim 4, 16 en 11 kg N per ton product. Bij de andere beschouwde gewassen (suikerbieten, zetmeelaardappelen en zaaiuien) werden geen significante effecten van opbrengstniveau op de optimale N-gift gevonden. In de bemestingsadviezen wordt op dit moment alleen bij winter- en zomertarwe rekening gehouden met het opbrengstniveau (Van Dijk & Van Geel, 2010). Bij consumptieaardappel en snijmaïs was er tevens sprake van een significant effect van de nulopname. De richting van het effect was conform verwachting: hoe hoger de nulopname, des te lager de optimale N-gift.



Figuur 1. Schematische weergave van relatie tussen N-gift en N-opname bij een laag en hoog opbrengstniveau bij zowel een hogere opname-efficiëntie bij een hogere opbrengst (A) als een gelijke opname-efficiëntie bij beide opbrengstniveaus (B).

Tabel 2. Effect van opbrengstniveau en nulopname (N-opname door een onbemest gewas) op de optimale N-gift bij consumptieaardappel, wintertarwe en snijmaïs (Bron: Ten Berge et al., 2011).

Gewas	Effect van opbrengstniveau <sup>1</sup> (kg N/ton product <sup>3</sup> )	Effect van nulopname <sup>2</sup> (kg N/kg N)
Consumptieaardappel	4.4	-1.5
Wintertarwe	16.1	ns
Snijmaïs	11.3	-0.9

1 voor elke ton meerproductie stijft de N-bemestingsbehoefte met 4.4, 16.1 en 11.3 kg N per ha

2 voor elke kg N nulopname daalt de N-bemestingsbehoefte met 1.5 en 0.9 kg N per ha

3 verse knolopbrengst bij aardappel, korrelopbrengst (16% vocht) bij wintertarwe en drogestofopbrengst bij snijmaïs

### Milieu-effecten

Een hoger opbrengstniveau gaat in het algemeen samen met een hogere N-afvoer in geoogst product (Van der Schoot & van Dijk, 2000). In vergelijking met een situatie met een laag opbrengstniveau is het N-overschot bij eenzelfde bemesting lager. Dit effect is eveneens onderzocht door Ten Berge et al. (2011). Met uitzondering van suikerbieten, werd bij alle onderzochte gewassen, een significant negatief verband gevonden tussen het opbrengstniveau en het N-overschot.

Uitgaande van een bepaald toegestaan N-overschot, waarmee voldaan wordt aan een gesteld milieudoel, kan de gebruiksnorm bij een hogere opbrengst hoger zijn. Anderzijds zal bij lagere opbrengsten de gebruiksnorm dan moeten worden verlaagd.

Indien wordt uitgegaan van een systeem met een lage generieke gebruiksnorm met onder voorwaarden de mogelijkheid van een hogere specifieke norm, dan zal, om milieueffecten gelijk te houden, de hogere norm bij hogere opbrengsten moeten worden gecompenseerd via een lagere generieke norm. Dit is geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld bij het gewas consumptieaardappel op zandgrond (Tabel 3). Als referentie is uitgegaan van een situatie waarbij niet wordt gedifferentieerd naar opbrengstniveau. Er is uitgegaan van een gebruiksnormniveau zoals die geldt voor 2012/13. Uitgaande van de norm 'overig' (rassenindeling bij consumptieaardappelen) betekent dit 235 kg N per ha.

Voor de situatie zonder differentiatie bedraagt het gemiddelde opbrengstniveau bijna 51 ton per ha. Hierin zitten zowel laag als hoog opbrengende percelen. Vervolgens zijn twee situaties bekeken waarin er wordt gedifferentieerd. In het eerste geval krijgen de 10% hoogst opbrengende percelen een hogere norm. Uit een eerdere studie kon worden afgeleid dat het gemiddelde opbrengstniveau binnen deze groep bijna 66 ton per ha bedroeg (Van Dijk et al., 2008). De norm is zodanig verhoogd dat het N-overschot gelijk is aan dat van de situatie zonder differentiatie. Op deze percelen kan dan worden bemest met 280 kg N per ha. Om te voorkomen dat voor alle aardappelpercelen tezamen het N-overschot toeneemt, moet de gebruiksnorm voor de overige 90% van de percelen worden verlaagd met 5 kg N per ha. Eenzelfde berekening is gedaan voor een situatie dat de 20% hoogst opbrengende percelen een hogere norm krijgen. Doordat in vergelijking met de vorige situatie een groter deel van de percelen een hogere norm krijgt (270 kg N per ha) moet de norm voor de overige percelen verder worden verlaagd (225 kg N per ha).

Om een zo hoog mogelijke generieke norm te houden kan er ook voor worden gekozen om uit te gaan van een beperktere verhoging van de norm bij hogere opbrengsten. Hierdoor hoeft de generieke norm minder laag te zijn.

Naast de bovengenoemde optie (lage generieke norm en alleen naar boven toe differentiëren) kan ook worden gekozen voor differentiëren over de gehele opbrengstrange. Het gevolg daarvan is dat elk bedrijf op basis van gerealiseerde opbrengsten zijn gebruiksnorm moet bepalen in plaats van alleen die bedrijven die een hogere norm willen.

Tabel 3. **Voorbeeld van differentiatie voor gebruiksnormen op basis van verschillen in opbrengstniveau voor het gewas consumptieaardappel op zandgrond (opbrengstverdeling gebaseerd op Van Dijk et al., 2008).**

Differentiatie		Opbrengstniveau <sup>1</sup>	N-gebruiksnorm
Wel/niet	Areaal van toepassing	(ton/ha)	(kg/ha)
Niet	-	50.8	235
Wel	Hogere norm op 10% hoogst opbrengende percelen	65.8	280
	Generieke norm op 90% overige percelen	49.1	230
	Hogere norm op 20% hoogst opbrengende percelen	62.5	270
	Generieke norm op 80% overige percelen	47.7	225

1 betreft gemiddelde opbrengstniveau bij optimale N-bemesting

### *Praktische uitvoerbaarheid (telers)*

- Opbrengsten kunnen aanzienlijk fluctueren tussen jaren. Het is daarom van belang om uit te gaan van meerjarige cijfers (bijvoorbeeld van de laatste vijf jaar) om een redelijke schatting te krijgen van het gemiddelde opbrengstniveau van een perceel. Aan de hand van verkoopbewijzen moet worden aangetoond dat de hogere opbrengsten ook daadwerkelijk zijn gerealiseerd.

### *Handhaafbaarheid (beleid)*

- Voor zover de afvoer van producten in gewicht wordt uitgedrukt (is voor de meeste akkerbouwgewassen het geval) zou dat via afleverbonnen en het geteelde areaal (metellingen) kunnen worden gecontroleerd. Dit betreft dan wel een gemiddelde opbrengst voor het gehele bedrijf en niet specifiek voor percelen. De kosten voor handhaving zullen wel stijgen.
- Er zijn reeds ervaringen met fritesaardappelen en suikerbieten.
- Voor het beleid kan het lastig zijn om niet van tevoren te weten in welke mate er gebruik wordt gemaakt van differentiatie. Dat zal mede de hoogte van de generieke norm bepalen. Via opbrengstverdelingen kan wel van tevoren worden ingeschat in welke mate telers gebruik zullen willen maken van een ruimere norm bij hoge opbrengsten.

### Conclusie

Zowel uit landbouwkundig als milieukundig oogpunt is er grond voor differentiatie op basis van opbrengstniveau. Voor de grote akkerbouwgewassen is controle goed mogelijk via afleverbewijzen. Voor de ondernemers levert dat niet veel extra werk op. Wel zullen de handhavingskosten stijgen.

### **N-leverend vermogen bodem**

Het N-leverend vermogen van de bodem betreft de som van de in het voorjaar aanwezige voorraad minerale bodem-N en de N die daarna door mineralisatie vrijkomt. Met de Nmin-voorraad wordt in de bemestingsadviezen rekening gehouden. Met de mineralisatie is dat slechts beperkt het geval. Om deze reden wordt al lange tijd gezocht naar een goede voorspeller van N-mineralisatie, die kan worden opgenomen in bemestingsadviezen.

Hierna gaan we achtereenvolgens in op een mogelijke differentiatie van de N-gebruiksnorm door rekening te houden met:

- de Nmin-voorraad (conform huidige adviezen),
- de N-mineralisatie via een "nieuwe" indicator (nog niet aanwezig in huidige adviezen) of via correctiefactoren/vuistgetallen waarmee de N-mineralisatie wordt geschat (zoals opgenomen in de huidige adviezen).

### *Nmin-voorraad in voorjaar*

#### Relatie met stikstofbemestingsbehoefte

Per gewas zijn rekenregels afgeleid voor het afleiden van het N-bemestingsadvies, waarbij in sommige gevallen onderscheid wordt gemaakt naar grondsoort. Vrijwel steeds is de Nmin-voorraad in de bovengrond (afhankelijk van de combinatie van gewas en grondsoort is dat de laag 0-30 cm, 0-60 cm of 0-100 cm) onderdeel van de rekenregel waarmee de adviesgift wordt berekend (Van Dijk & Van Geel, 2010). Ter illustratie zijn in Tabel 4 de N-adviezen voor aardappelen en suikerbieten weergegeven.

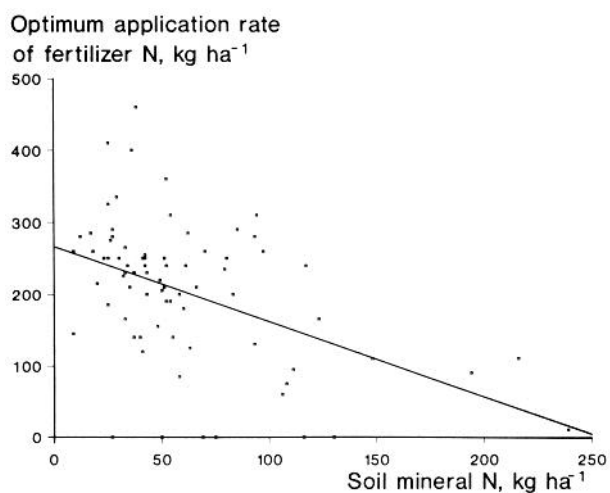
Tabel 4. **N-bemestingsadviezen voor aardappelen en suikerbieten (Bron: Van Dijk & Van Geel, 2010).**

Teeltdoel	Grondsoort	N-gift, kg/ha	Bemonsteringsdiepte
Consumptieaardappelen	Klei/löss	285 - (1,1 x Nmin)	0-60 cm
	Zand/dal	300 - (1,8 x Nmin)	0-30 cm
Zetmeelaardappelen	Zand/dal	275 - (1,8 x Nmin)	0-30 cm
Pootaardappelen		140 - (0,6 x Nmin)	0-60 cm
Suikerbieten	Klei/löss/zand	200 - (1,7 x Nmin)	0-60 cm
	Dal/veengrond	150	



De rekenregels voor de adviesgiften zijn steeds gebaseerd op vele proeven die gedurende meerdere jaren op verschillende locaties zijn uitgevoerd, en waarin steeds een relatie is gelegd tussen de Nmin-voorraad in het vroege voorjaar en de optimale N-gift. In proeven met aardappelen, waar de rekenregel van afgeleid is, was sprake van een aanzienlijke spreiding in de optimale N-gift (Figuur 2).

Bij suikerbieten wordt op veen en dalgronden, vanwege het sterk mineraliserende vermogen van deze gronden, Nmin-onderzoek niet zinvol geacht en wordt een generieke N-adviesregel gehanteerd van 150 kg N per ha.



Figuur 2. Relatie tussen de Nmin-voorraad in het voorjaar in de laag 0-60 cm en de optimale N-gift in proeven met consumptieaardappelen op klei- en zavelgrond (Bron: Neeteson, 1990).

Ook bij de granen wordt bij de eerste bemesting in het voorjaar rekening gehouden met de Nmin voorraad in het voorjaar. Voor wintertarwe en zomergerst is dat weergegeven in Tabel 5.

Uit het voorgaande blijkt dat in het N-bemestingsadvies voor aardappelen, wintertarwe en zomergerst onderscheid gemaakt wordt naar teeltdoel en grondsoort, terwijl bij suikerbieten slechts in beperkte mate het geval is.

Tabel 5. N-bemestingsadviezen wintertarwe en zomergerst (Bron: Van Dijk & Van Geel, 2010).

graan	Grondsoort	1 <sup>e</sup> N-gift, kg/ha	2 <sup>e</sup> N-gift	3 <sup>e</sup> N-gift
<i>Wintertarwe</i>				
Voertarwe	Klei	140 – Nmin (0-100 cm)	90	40
	Zand	140 – Nmin (0-100 cm)	90	
Baktarwe	Klei	140 – Nmin (0-100 cm)	80	80
<i>Zomergerst</i>				
Brouwgerst	Klei	90 – Nmin (0-60 cm)		
	Zand	120 – Nmin (0 – 60 cm)		
Voergerst	Klei	110 – Nmin (0 – 60 cm)		
	Zand	120 – Nmin (0 – 60 cm)		

Bij consumptieaardappelen en zetmeelaardappelen op zand- en dalgrond en suikerbieten (behalve op veen- en dalgronden) wordt de Nmin-voorraad vermenigvuldigd met een factor. Deze factor integreert een aantal zaken, zoals de opname-efficiëntie van het gewas, optredende N-verliezen en de N-mineralisatie (Whitmore, 1999). Een impliciete aanname is dat de Nmin-voorraad via de Nmin-factor tot op zekere hoogte kan

worden gebruikt als indicatie voor de N-mineralisatie. Hierbij moet wel worden benadrukt dat de gevonden Nmin-factor wel afhangt van het specifieke N-mineralisatieniveau in de proeven waarop het advies is gebaseerd.

In Tabel 6 is weergegeven hoe de N-adviesgiften van de belangrijkste akkerbouwgewassen variëren met de Nmin-voorraad. Tevens is aangegeven op welke waarde de gebruiksnorm voor werkzame stikstof is gebaseerd (gele markering). Deze is afgeleid van de bemestingsadviezen, waarbij er voor de Nmin voorraad in het voorjaar vaste waarden zijn gehanteerd voor het vertalen van de adviezen naar de gebruiksnormen. Deze hoeveelheden bedroegen respectievelijk 20, 30 en 40 kg N per ha in de laag 0-30, 0-60 en 0-90 cm (Schröder et al., 2004).

Uit tabel 6 blijkt dat de Nmin-voorraad een behoorlijke invloed heeft op de adviesgift. Dit effect is het sterkst voor consumptieaardappelen op zand, zetmeelaardappelen en suikerbieten, aangezien een verhoging of verlaging van de Nmin-voorraad ter grootte van 10 kg N per ha de adviesgift met bijna 20 kg N per ha verlaagt of verhoogt. In het geval van lage Nmin-voorraden (<20 kg Nmin per ha in 0-30 cm; <30 kg Nmin per ha in 0-60 cm en <40 kg Nmin per ha in 0-100 cm) biedt een gebruiksnorm op basis van Nmin dan extra N-ruimte. Bij hogere waarden dient de norm dan te worden verlaagd.

Tabel 6. **N-adviesgiften voor de belangrijkste akkerbouwgewassen bij uiteenlopende Nmin-voorraden. In de geel gearceerde vakken staan de N-adviesgiften vermeld, waarvan de N-gebruiksnormen zijn afgeleid.**

Nmin, kg N/ha	N-adviesgift (kg/ha)								
	Consumptieaardappel		Pootaard- appel (0-60 cm)	Zetmeel- aardappel (0-30 cm)	Suikerbiet (0-60 cm)	Wintertarwe		Zomergerst	
	Klei (0-60 cm)	Zand (0-30 cm)				Klei (0-100 cm)	Zand (0-100 cm)	Klei (0-60 cm)	Zand (0-60 cm)
0	285	300	140	275	200	270	230	110	120
10	274	282	134	257	183	260	220	100	110
20	263	264	128	239	166	250	210	90	100
30	252	246	122	221	149	240	200	80	90
40	241	228	116	203	132	230	190	70	80
50	230	210	110	185	115	220	180	60	70
60	219	192	104	167	98	210	170	50	60
80	197	156	92	131	64	190	150	30	40
100	175	120	80	95	30	170	130	10	20

In Figuur 7 is de frequentieverdeling van Nmin-voorraad in het voorjaar weergegeven. Het betreft resultaten van grondonderzoek dat door Blgg op praktijkpercelen is uitgevoerd in de periode 2005 t/m 2010. De klassen waarbij de Nmin lager is dan de bij de onderbouwing van de gebruiksnormen gehanteerde gemiddelde waarde zijn geel gemarkeerd.

Uit de tabel blijkt dat, afhankelijk van het gewas, 5-70% van de praktijkmonsters een lagere Nmin-voorraad heeft dan de Nmin-voorraden die zijn gebruikt voor het berekenen van de gebruiksnormen. Op klei- en löss is het aandeel monsters met lage Nmin-waarden lager dan op zandgrond.

Met uitzondering van consumptieaardappel op zandgrond is het aandeel monsters met lagere Nmin-waarden (lager dan gebruikt bij de onderbouwing van de gebruiksnormen) kleiner dan 50%. Dit duidt erop dat de bij de onderbouwing van de gebruiksnorm gehanteerde waarde in de meeste gevallen lager is geweest dan het gemiddelde van de Blgg-dataset.

Bovenstaande betekent dat in de geel gemarkeerde situaties volgens de gebruiksnormen minder N mag worden toegediend dan volgens het bemestingsadvies wordt geadviseerd. Differentiatie van de gebruiksnorm op basis van de actueel gemeten Nmin-voorraad, zal in die situaties leiden tot een hogere toegestane gift aan werkzame stikstof, maar in situaties met een hogere Nmin-voorraad (bij de meeste gewassen op meer dan 50% van de percelen het geval) tot een lagere toegestane gift aan werkzame N. Een dergelijke differentiatie sluit goed aan op het landbouwkundig advies

Tabel 7. **Procentuele verdeling van aantal monsters over Nmin-classes op basis van Blgg-grondonderzoek in de periode 2005 t/m 2010 in de maanden februari-april. In de gearceerde vakken is de N-adviesgift hoger dan de gebruiksnorm.**

Nmin, kg N/ha	Procentuele verdeling van aantal monsters over Nmin-classes								
	consumptieaardappel		Poot- aardappel	Zetmeel- aardappel	Suikerbiet			winterarwe	zomergers
	Klei (0-60 cm)	Zand (0-30 cm)	(0-60 cm)	(0-30 cm)	Klei (0-60 cm)	Zand (0-60 cm)	Löss (0-60 cm)	(0-100 cm)	(0-60 cm)
<10	0	33	0	8	0	0	0	0	0
10-20	4	39	6	39	3	17	3	0	11
20-30	17	12	26	19	23	19	1	9	28
30-40	26	6	28	13	31	16	9	18	27
40-50	19	5	15	7	19	10	12	18	13
50-60	11	3	10	6	10	10	13	15	11
60-70	9	1	6	1	6	7	17	11	4
>70	14	2	9	8	8	23	46	28	7

#### Milieu-effecten

Verdiscontering van de Nmin-voorraad in de gebruiksnorm leidt bij een lage Nmin tot een hogere norm en bij een hogere Nmin tot een lagere norm. Welke gevolgen dat heeft voor het N-overschot is geïllustreerd in Tabel 8 voor het gewas consumptieaardappel op klei. Er is uitgegaan van een bepaalde (gelijkmatige) verdeling van de hoogte van de Nmin-voorraad over het areaal. Gemiddeld over het totale areaal bedraagt de Nmin-voorraad 30 kg N per ha. Dit is de hoeveelheid waarop de huidige gebruiksnorm is gebaseerd. Deze bedraagt 250 kg N per ha in 2012/13. Uit Tabel 8 blijkt dat differentiatie op basis van Nmin-voorraad in deze situatie niet leidt tot een lager N-overschot. Dit komt omdat er evenveel percelen onder als boven een Nmin-voorraad van 30 kg N per ha zitten. In een situatie dat meer dan de helft van de percelen een Nmin hoger dan 30 kg N per ha zou hebben, zal verdiscontering van de Nmin in de gebruiksnorm wel tot verlaging van het N-overschot leiden.

Tabel 8. **Effect wel/niet differentiëren van de N-gebruiksnorm (DIF/GEN) op basis van Nmin-voorraad in het voorjaar op het N-overschot bij consumptieaardappel op kleigrond.**

Nmin-klasse (kg/ha)	Fractie van areaal	Nmin gem (kg/ha)	Gebruiksnorm (kg/ha)		N-overschot (kg/ha)	
			DIF	GEN	DIF	GEN
0-10	1/6	5	275	250	110	85
10-20	1/6	15	265	250	100	85
20-30	1/6	25	255	250	90	85
30-40	1/6	35	245	250	80	85
40-50	1/6	45	235	250	70	85
50-60	1/6	55	225	250	60	85
Gem		30	250	250	85	85

In bovenstaand voorbeeld is over het volledige Nmin-traject gedifferentieerd. Dat betekent dat alle telers hun norm moeten vaststellen op basis van de gemeten Nmin-voorraad. In deze studie wordt uitgegaan van een systeem van een lagere generieke norm met de mogelijkheid voor verruiming wanneer dat nodig is. In dat geval krijgen telers met een lage Nmin-voorraad een hogere gebruiksnorm, terwijl voor de overige telers een generieke norm geldt. Deze norm zal dan wel zo moeten worden ingesteld dat het milieuresultaat gelijk is aan een systeem zonder differentiatie. Dit is geïllustreerd in onderstaand voorbeeld (Tabel 9). Hierbij is weer uitgegaan van een situatie van consumptieaardappel op kleigrond en een Nmin-verdeling zoals weergegeven in Tabel 8. De gebruiksnorm bedraagt 250 kg N per ha in een situatie zonder differentiatie. Vervolgens wordt in een gedifferentieerd systeem op percelen met een Nmin-voorraad lager dan 10 kg N per ha (1/6 van areaal) een hogere norm toegestaan (+25 kg N per ha). Om het N-overschot gelijk te

houden aan dat van een ongedifferentieerde situatie moet op het resterende areaal de norm worden verlaagd naar 245 kg N per ha. Als gekozen wordt om bij een Nmin-voorraad lager dan 20 kg N per ha (1/3 van areaal) een hogere norm toe te staan (+20 kg N per ha) moet, voor een gelijk N-overschot als in een niet gedifferentieerde situatie, op het overige areaal de norm worden verlaagd naar 240 kg N per ha.

Tabel 9. **Voorbeeld van differentiatie voor N-gebruiksnorm op basis van Nmin-voorraad in voorjaar bij het gewas consumptieaardappel op kleigrond (voor Nmin-verdeling zie Tabel 8).**

Differentiatie	Areaal van toepassing	N-gebruiksnorm (kg N/ha)
Wel/niet		
Niet	-	250
Wel	Hogere norm op 1/6 areaal, gem Nmin 5 kg N/ha	275
	Generieke norm op 5/6 areaal	245
	Hogere norm op 1/3 areaal, gem Nmin 10 kg N/ha	270
	Generieke norm op 2/3 areaal	240

#### Praktische uitvoerbaarheid (telers)

- Bij gebruik van de Nmin-voorraad als basis voor de differentiatie van gebruiksnormen kan gebruik worden gemaakt van actuele Nmin-metingen en/of van gemiddelde Nmin-resultaten per regio en grondsoort in een bepaald jaar. De praktische uitvoerbaarheid van beide scenario's is goed, aangezien Nmin-onderzoek nu al vaak wordt uitgevoerd t.b.v. het vaststellen van de benodigde N-giften.

#### Handhaafbaarheid (beleid)

- Handhaving van differentiatie van de gebruiksnorm op basis van de Nmin-voorraad in het voorjaar is mogelijk door het inschakelen van gecertificeerde laboratoria voor de actuele metingen en/of door het werken met gemiddelden per jaar, regio en grondsoort.
- Bij gebruik van actuele metingen zal een protocol moeten worden opgesteld waarin is aangegeven hoe en wanneer moet worden bemonsterd.

#### *N-mineralisatie percelen*

#### Relatie met N-behoefte

#### ***N-mineralisatie via een indicator voor N-leverend vermogen***

De voorraad Nmin betreft slechts een (klein) deel van de N die door de bodem wordt geleverd. Een belangrijke post is de mineralisatie die gedurende het groeiseizoen plaatsvindt. Om hierop in te kunnen spelen zijn goede indicatoren nodig die een goede voorspelling van de N-mineralisatie geeft.

Er is de afgelopen jaren zeer veel aandacht besteed aan het zoeken naar een indicator voor N-mineralisatie. Een overzicht daarvan is weergegeven in bijlage 1. Het betreft vooral chemische methoden/indicatoren zoals:

- N-totaal of N-totaal organisch;
- DON (Dissolved Organic N) is de N-organisch in oplossing, geëxtraheerd met 0,01 M CaCl<sub>2</sub>;
- N-min (via Nmin-factor; zie vorige paragraaf);
- Hot Water Carbon;
- Hot Water Nitrogen;
- Hot KCl-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Hierna volgen samengevat enige bevindingen.

- De gebruikte extractiemethoden verschillen in sterkte en daarmee in hoeveelheid N die gemeten wordt. Zeer sterke extracties geven een indruk van de totale hoeveelheid N in de bodem, N-totaal. Zeer globaal kan gesteld worden dat er een verband is tussen de hoeveelheid N in de bodem (N-totaal) en de hoeveelheid N die beschikbaar komt door mineralisatie. Bij de adviesbasis van grasland wordt hiervan gebruik gemaakt door het NLV te schatten op basis van N-totaal en onderverdeling in grondsoort (zand-

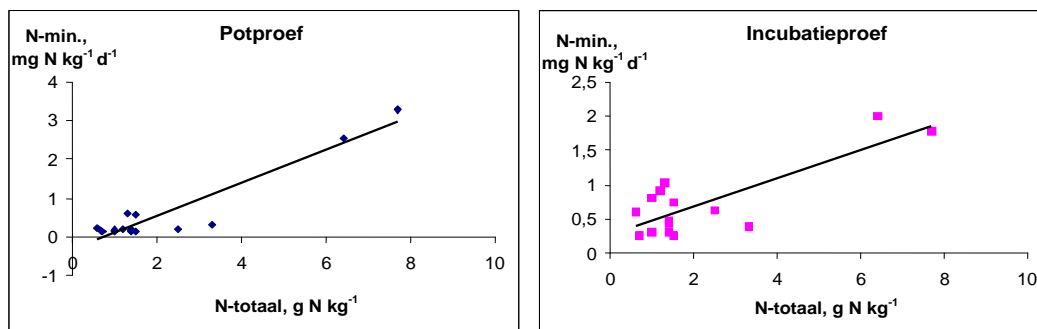
klei-veen). Uit meerdere onderzoeken komt N-totaal echter naar voren als een zeer onzuivere schatter, wat betekent dat er een grote ruis rond de gevonden relatie met N-mineralisatie is. Anders dan bij grasland is de variatie in N-totaal in bouwlandgronden relatief klein, en is er binnen dat traject nauwelijks een verband met de N-mineralisatie. Daar waar wel sprake is van grote verschillen in N-totaal is in het algemeen ook sprake van een relatie met N-mineralisatie (o.a. Velthof et al., 2002; figuur 3).

- Minder sterke extracties zouden een indruk geven van de N die vrij kan komen door mineralisatie, en daarmee zouden ze een goede indicator kunnen zijn van het N-leverend vermogen en/of de N-mineralisatie van grond. In Ros et al. (2011) wordt een overzicht gegeven van de voorspellende waarde van verschillende extracties op basis van een groot aantal studies. Hier komt naar voren dat milde extracties in sommige gevallen een betere en in andere gevallen een slechtere voorspeller zijn dan N-totaal. Het is dus niet zo dat de oplosbare, organische N-fractie (b.v. Norg in 0,01 M CaCl<sub>2</sub>) in alle situaties een nauwkeurige voorspelling van de N-mineralisatie oplevert. Gemiddeld over alle studies scoorden een aantal extractiemethodes significant beter dan N-totaal, met een percentage verklaarde variantie tot 75% (Ros et al., 2011).
- In Nederland is afgelopen jaren veel onderzoek gedaan naar DON (N-organisch geëxtraheerd in 0,01 M CaCl<sub>2</sub>). Deze zijn ook meegenomen in het overzichtsartikel van Ros et al. (2011), maar enkele worden hierna afzonderlijk kort besproken. Uit de statistische analyse van de incubatieproef van Velthof (2003) met een groot aantal (476) grondmonsters afkomstig van bouwland, grasland en maisland bleek dat DON bij een enkelvoudige regressie (waarbij niet rekening is gehouden met grondsoort, grondgebruik, etc.) de beste voorspeller was van de N-mineralisatie (Tabel 10). Bij toepassing op uitsluitend akkerbouwgronden lijkt de voorspellende waarde echter niet groot te zijn (zie Velthof et al. 2002; Velthof 2003).

Er is bij alle indicatoren sprake van veel ruis rond de relatie en een hoog percentage onverklaard. Daarbij is de prestatie van een indicator vaak sterk afhankelijk van de gebruikte dataset. De betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid van indicatoren voor het voorspellen van de N-mineralisatie is dan ook niet heel groot. Dit is de reden dat ze nog niet zijn opgenomen in bemestingsadviezen. Het lijkt dan ook nog te vroeg om deze indicatoren te gebruiken als basis voor een flexibilisering van de gebruiksnormen.

Tabel 10. **Resultaten van correlaties (R<sup>2</sup>; enkelvoudig en meervoudig) van enkele mogelijke indicatoren voor het voorspellen van de N-mineralisatie en de potentiële N-mineralisatie in een incubatieproef met 476 grondmonsters (Bron: Velthof, 2003).**

Parameter	R <sup>2</sup> , %	R <sup>2</sup> , %	Type proef	bodemtype	bijzonderheden
	enkelvoudig	meervoudig			
DON	61	72	incubatieproef	476 gronden; zand en löss	gras-, mais- en bouwland; Nederland
N-totaal	13	63	4 weken		
Hot KCl-NH <sub>4</sub>	29	63			
C totaal	1	59			
C:N ratio	13	55			



Figuur 3. **Relatie tussen N-totaal en de N-mineralisatie in een potproef en een incubatieproef (bron: Velthof, 2002).**

Ook in het geval een goede indicator wordt gevonden, moet worden nagegaan hoe die kan worden verwerkt in een adviesregel. Zoals hiervoor al is aangegeven, zijn de huidige rekenregels die de basis vormen van de N-bemestingsadviezen voor de meeste akkerbouwgewassen gebaseerd op lineaire regressies tussen de Nmin-voorraad in het voorjaar en de optimale N-gift. Aangezien die relaties zijn gebaseerd op situaties waarin ook sprake was van een zekere N-mineralisatie, kan een indicator voor N-mineralisatie niet zomaar worden verwerkt in die rekenregels. Dit zou leiden tot dubbeltellingen. Daarom lijkt het zinvol na te gaan in hoeverre de bij de meeste adviezen gebruikte responsmethode (via regressieanalyse) is te vervangen door de balansmethode en/of een simulatiemodel, waarbij aan- en afvoerposten van N (waar onder bodemmineralisatie) in balans worden gebracht (o.a. Neeteson, 1990).

#### ***N-mineralisatie via correctiefactoren voor gebruik dierlijke mest en voorvrucht***

Zoals hierboven aangegeven is er op dit moment nog geen geschikte indicator aan te wijzen voor de voorspelling van de mineralisatie. Wel is bekend dat bepaalde voorvruchten via de nawerking van N uit gewasresten die op het land achterblijven nog een aanzienlijke hoeveelheid N kunnen leveren aan het volggewas. Hetzelfde geldt voor N in groenbemesters en in organische mesten die in voorgaande jaren zijn toegediend. Daarvoor zijn in de adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen richtlijnen opgenomen voor correcties die kunnen worden aangebracht voor de N-mineralisatie uit gewasresten van suikerbieten, gescheurd grasland, ondergeploegde groenbemesters en het gebruik van organische mesten (Van Dijk & Van Geel, 2010). Deze correcties zijn afgeleid uit het deel van de vrijkomende hoeveelheid N dat ten goede kan komen aan het beschouwde gewas. Geadviseerd wordt dit deel in mindering te brengen op de N-gift (Tabel 11).

Tabel 11. **Korting op de N-gift (in kg N/ha) na onderwerken van een groenbemester en/of oogstresten voor gemiddelde omstandigheden (Van Dijk & Van Geel, 2010).**

Type groenbemester <sup>2</sup>	Onderwerken/afsterving in de herfst <sup>3</sup>		Onderwerken in het voorjaar <sup>4</sup>
	zonder Nmin-meting in het voorjaar	met Nmin-meting in het voorjaar	
Kruisbloemigen	30	0	40
Vlinderbloemigen	60	40	60
Grasachtigen en overige	30	20	40

Type oogstrest	N-nawerking (kg/ha)		
	1 <sup>e</sup> jaar	2 <sup>e</sup> jaar	3 <sup>e</sup> jaar
Graan- en korrelmaïsstro	0	0	0
Gewasresten van prei, knolvenkel en kroot	20	0	0
Bietenblad en gewasresten van bloemkool, broccoli, boerenkool en sluitkolen	30	0	0
Spruitkoolresten	40	0	0
Luzerne <sup>1</sup>	75	65	25
Gescheurd grasland <sup>1</sup>			
1-Jarig grasland	50	0	0
2-Jarig grasland	100	0	0
3-Jarig grasland en ouder	100	30	0

Opgemerkt moet worden dat bij deze systematiek het risico aanwezig is dat dubbel wordt gecorrigeerd, aangezien (een deel van) de nalevering uit gewasresten, groenbemesters en organische mesten al tot uiting kan zijn gekomen in een hogere Nmin-voorraad. Bij de adviezen voor de korting op de N-gift is daar wel rekening mee gehouden. Voor groenbemesters die in de herfst worden ondergewerkt is dat gedaan door onderscheid te maken tussen een korting met en zonder Nmin-meting in het voorjaar. In de toelichting bij de tabel (hier niet opgenomen) is aangegeven dat er bij gras- en graan-groenbemesters vanuit gegaan kan worden dat 1/3 van de N uit gewasresten teruggevonden wordt in de Nmin-voorraad en dat 2/3 daarna nog vrij zal komen. Bij kruisbloemige groenbemesters (zoals bladrammenas en gele mosterd) wordt er vanuit gegaan dat alle N in de winter vrijkomt.

Bij de groenbemesters kan verder nog onderscheid worden gemaakt tussen goed en/of minder goed geslaagde groenbemesters, aangezien de N-inhoud aanzienlijk kan variëren. De getallen in Tabel 11 zijn verbonden met een goed geslaagde groenbemester. Als de groenbemester minder sterk ontwikkeld is (bijvoorbeeld door een latere zaai), kan met de helft worden gewerkt.

Bij een jaarlijks gebruik van dierlijke mest wordt in de Adviesbasis aangegeven dat rekening kan worden gehouden met een 35 en 20% hogere werking van de N-org-fractie van respectievelijk rundermest en varkens-/kippenmest in vergelijking met de eerstejaarswerking van deze mesten.

Het voordeel van het gebruik van deze correctiefactoren is dat het eenvoudig is en dat ze relatief betrouwbaar zijn, omdat ze zijn gebaseerd op veldwaarnemingen. Aangezien het soms om aanzienlijke hoeveelheden N gaat die uit groenbemesters, gewasresten en/of organische mesten vrij kunnen komen, kan het zeer zinvol zijn om hiermee te werken. Een nadeel is dat de correctiefactoren minder locatie specifiek zijn, omdat wordt uitgegaan van gemiddelde omstandigheden (b.v. groei en N-inhoud groenbemester). Daarnaast vergt het een goede administratie om hiermee op bedrijfsniveau goed te kunnen werken.

Een deel van de nadelen kan worden ondervangen door het werken met rekenmodellen, zoals het organische stofmodel MINIP, dat onderdeel uitmaakt van de modellen NDICEA ([www.ndicea.nl](http://www.ndicea.nl)) en NUTRINORM ([www.nutrinorm.nl](http://www.nutrinorm.nl)). Hiermee kan rekening worden gehouden met de hoeveelheden organische stof en hun karakteristieken die vanuit verschillende bronnen op het perceel terecht komen. Door dit voor een aantal jaren in beeld te brengen, kan de stikstoflevering uit de verse organische stofbronnen worden

berekend. Voor een doelmatig gebruik van deze werkwijze is het echter van belang dat het organische stofbeheer van de voorgaande 3-5 jaar per perceel zo nauwkeurig mogelijk bekend is. Die benodigde invoergegevens beperken het gebruik van deze methode.

Door teeltadviseurs van DLV wordt ten behoeve van het opstellen van bemestingsplannen ook vaak gewerkt met regio specifieke correctiefactoren/vuistregels. Hiermee worden de stikstofadviezen op perceelsniveau gecorrigeerd en wordt het standaard advies aangepast. In sommige regio's zijn de correctiefactoren vooral gebaseerd op verschillen in het organische stofgehalte van de grond en in andere meer op het organische mestgebruik. Een aantal voorbeelden:

- Op de kleigronden in het zuidwesten bevatten veel gronden tussen 2 en 2,5% organische stof. Bij afwijkingen hiervan wordt het standaard advies gecorrigeerd tot maximaal + dan wel – 40 kg N per ha.
- Afhankelijk van de frequentie van mestgebruik wordt tot 20 kg N per ha extra afgetrokken van het advies. Op de overige kleigronden gelden vergelijkbare vuistregels, echter in Flevoland wordt regelmatig gecorrigeerd voor hoge opbrengsten, waardoor het advies weer wordt verhoogd.
- In het zuidoosten, waar vrijwel jaarlijks organische mest wordt uitgereden op alle gewassen, is nawerking uit de mest een factor van groter belang dan het organische stofpercentage. Bij jaarlijks mestgebruik wordt tot 50 kg N per ha afgetrokken van het advies. Hierbij speelt ook het geteelde gewas een rol (voor suikerbieten en maïs meer dan voor andere gewassen) en de grond ('lichte' grond minder aftrek dan 'zware' grond). Door het lagere mestgebruik de laatste jaren wordt de aftrek langzaam kleiner.
- In het zuidoosten komen veel akkerbouwpercelen voor met organische stofpercentages tussen 2 en 3,5. Extra aftrek vindt alleen plaats bij hogere percentages, vaak is dan sprake van gescheurd grasland.
- In Noordoost-Nederland op de zand- en dalgronden gelden vergelijkbare vuistregels, echter de correcties voor mestgebruik zijn geringer omdat de hoeveelheid mest die gebruikt werd in deze regio in het verleden geringer was dan in het zuidoosten.

De correctiefactoren die door teeltadviseurs worden gebruikt, zijn deels gebaseerd op de correctiefactoren uit het bemestingsadvies, deels op modelberekeningen met het model NDICEA en deels op expertkennis.

#### Milieu-effecten

Door rekening te houden met de mineralisatie, hetzij via een nog te ontwikkelen bodemindicator of via correctiefactoren en vuistgetallen, wordt in principe een betere match verkregen tussen de N-gift en de N-beschikbaarheid, waardoor het N-overschot en de N-uitspoeling in principe zal kunnen dalen.

#### Praktische uitvoerbaarheid (telers)

- De praktische uitvoerbaarheid van het opnemen van correctiefactoren voor gewasresten, groenbemesters en organische mesten is goed. Als historische gegevens van het organische stofbeheer in de voorgaande 3-5 jaren moeten worden meegenomen, wordt de praktische uitvoerbaarheid lastiger.

#### Handhaafbaarheid (beleid)

- Correctie op basis van frequentie mestgebruik is moeilijker vast te stellen en te controleren, maar het is in principe mogelijk via historische gegevens van de registratie van het mestgebruik.
- Handhaving van correcties voor de nawerking van gewasresten en groenbemesters zou kunnen door deze in mindering te brengen op de gebruiksnorm van het gewas waarvan de gewasrest van afkomstig is. Bijvoorbeeld in geval van bietenblad wordt er 20-30 kg N per ha in mindering gebracht op de norm voor suikerbieten. Binnen een bedrijf kan deze korting dan wel weer worden toegedeeld aan het gewas dat hiervan kan profiteren. Ook kan worden aangegeven dat verruiming van de gebruiksnorm na gewassen die veel N naleveren (gras, luzerne) niet wordt toegestaan.



### Conclusie

Stikstoflevering van de grond is een belangrijke factor bij het vaststellen van het advies. In bemestingsadviezen voor akkerbouwgewassen wordt daarmee rekening gehouden via de Nmin-voorraad en de N-nalevering uit gewasresten van de voorvrucht, eventueel geteelde groenbemesters en het dierlijke mestgebruik. In onderzoek is veel aandacht besteed aan het zoeken van een indicator voor N-mineralisatie, maar tot nu toe is daarvoor nog geen voldoende betrouwbare parameter geselecteerd. Daarom wordt voorgesteld de eventuele differentiatie op basis van de N-levering te beperken tot een correctie voor Nmin-voorraad, eventueel aangevuld met correctiefactoren voor de N-nalevering uit gewasresten, groenbemesters en organische mesten.

### **Rassenkeuze**

#### *Relatie met N-behoefte*

Voor een aantal rassen van akkerbouwgewassen is het stikstofadvies afhankelijk van het geteelde ras, dit geldt vooral bij aardappelen. In de andere grote gewassen (wintertarwe, zomergerst, suikerbieten) speelt ras een minder grote rol in de stikstofbehoefte en blijven de correcties voor rassen beperkt van 10 tot maximaal 20 kg N per ha.

In de Adviesbasis is het stikstofadvies voor consumptie- en zetmeelaardappelen afhankelijk van de vroegheid van het ras. Afhankelijk van de mate van vroegrijpheid is de richtlijn een korting van 20 kg N per ha per 0,5 punt vroegheidsverschil voor rassen met een vroegrijpheidscijfer lager dan 6,5 (consumptieaardappelen) of 4,5 (zetmeelaardappelen). De kortingen op het standaardadvies lopen op van 60 kg per ha (zetmeelaardappelen) tot 140 kg per ha (consumptieaardappelen) bij zeer late rassen. De eigenschap vroegrijpheid is gemiddeld gesproken gekoppeld aan de stikstofbehoefte, de richtlijn is als vuistregel goed hanteerbaar maar geldt niet voor alle rassen. In de Adviesbasis is alleen sprake van een korting op het standaard advies en is er geen plus voor meer behoeftige rassen. In de praktijk krijgen stikstofbehoefte rassen onder specifieke omstandigheden een hoger advies dan standaard.

In het gebruiksnormenstelsel is de gebruiksnorm voor consumptieaardappelen en pootaardappelen ook afhankelijk van het ras. Voor zetmeelaardappelen is dit onderscheid niet gemaakt. In het gebruiksnormenstelsel is rekening gehouden met rassen die meer dan wel minder stikstof nodig hebben dan de standaard rassen. Rassen zijn ingedeeld in drie categorieën waarbij rassen met een hoge dan wel lage stikstofbehoefte een gebruiksnorm hebben van 25 kg per ha meer dan wel minder dan rassen met een standaard stikstofbehoefte. De indeling is in overleg met onderzoek en adviseurs tot stand gekomen (Anonymus, 2009) en komt grotendeels overeen met de mate van vroegrijpheid die ook in de adviesbasis wordt gebruikt. De indeling van de rassen in drie categorieën komt goed overeen met de praktijk, echter de verschillen in daadwerkelijke stikstofbehoefte zijn bij een aantal zeer late rassen groter dan 25 kg per ha ten opzichte van de standaard rassen. Dit betreft overigens een beperkt areaal.

Voor zetmeelaardappelen is geen rasdifferentiatie aangebracht in de gebruiksnorm. Op basis van de verschillen in stikstofbehoefte van rassen is daar teelttechnisch wel reden voor (zie Tabel 12). Ten opzichte van de huidige generieke gebruiksnorm (230 kg N per ha) zou een naar ras gedifferentieerde gebruiksnorm tot een lager N-gebruik leiden (zie kolom totaal gebruik N zetmeelaardappelareaal).

Tabel 12. **Rassen zetmeelaardappelen en stikstofadvies<sup>1</sup> op basis van vroegrijpheid.**

Ras	Rijpheids- cijfer	Areaal- schatting (ha)	Correctie <sup>2</sup> (kg N/ha)	Advies op basis van rijpheids- klasse (kg N/ha)	Totaal gebruik N t.o.v. gemiddeld advies (kg N/ha)	Gebruiks- norm generiek (kg N/ha)	Gebruiks- norm gedifferentieerd (kg N/ha)
Seresta	5,0	20.000	+ 20	260	400.000	230	250
Aveka	5,0	10.000	+ 20	260	200.000	230	250
Festien	3,5	10.000	- 40	200	-400.000	230	190
Avarna	3,0	5000	- 60	180	-300.000	230	170
Rest		5.000					

1 Stikstofadvies standaard =  $275 - 1,8 * N_{min}$ , komt vaak overeen met ongeveer 240 kg N/ha

2 Correctiefactor voor fabrieksaardappelen is 20 kg N per ha per 0,5 punt vroegrijpheid lager dan 4,5 (Bron: Adviesbasis)

### *Milieueffecten*

Het landbouwkundig stikstofadvies van aardappelen is gerelateerd aan de mate van vroegrijpheid van het gewas. Vroegere rassen kennen een hoger advies dan latere gewassen. Gemiddeld gesproken hebben late rassen hogere opbrengsten dan vroege rassen. De combinatie van beide effecten leidt daarom gemiddeld gesproken tot hogere overschotten bij vroege rassen (hoger advies, lagere opbrengst) en lagere overschotten bij late rassen (lager advies en hogere opbrengst).

Een systeem van differentiatie naar ras geeft geen prikkel om rassen te ontwikkelen die efficiënt omgaan met stikstof. Op de langere termijn worden hierdoor wellicht kansen gemist om de stikstofoverschotten in de aardappelteelt terug te dringen.

Bij zetmeelaardappelen leidt differentiatie op basis van ras, bij het huidige geteelde rassenpakket, wellicht tot een lagere stikstofgebruiksruimte dan op basis van de huidige niet naar ras gedifferentieerde gebruiksnorm.

### *Praktische uitvoerbaarheid (telers)*

Differentiëren naar ras is zeer goed uitvoerbaar. Zaaizaad en pootgoed in Nederland is voor het aller grootste deel gecertificeerd, daarmee staat vast welke rassen de telers gebruiken.

### *Handhaafbaarheid (beleid)*

Handhaafbaarheid is goed, op basis van certificaten kan het geteelde gewas worden vastgesteld. Differentiatie naar ras maakt ook nu al deel uit van het gebruiksnormenstelsel.

### *Conclusie*

Ras is alleen bij aardappel een relevante factor in de stikstofbehoefte. De huidige differentiëring voldoet goed indien rassen in de goede categorie zijn ingedeeld. Bij de introductie van nieuwe rassen moet de categorie steeds op basis van onderzoek worden onderbouwd. Er is geen technische reden om de gebruiksnorm voor zetmeelaardappelen niet te differentiëren. Bij het huidige rassenpakket zal differentiatie naar ras niet leiden tot een hoger stikstofquotum voor zetmeelaardappelen.

## **Teeltwijze gewas**

### *Relatie met N-behoefte*

De teeltwijze van een akkerbouwgewas heeft soms invloed op de stikstofbehoefte. Dit geldt vooral bij de teelt van brouwergerst, baktarwe en aardappelen voor specifieke marktsegmenten. Voor brouwergerst is, in verband met een gewenst laag eiwitpercentage, het advies 20 kg N per ha lager dan voor voergerst (Tabel 5). Voor baktarwe is, in verband met een gewenst hoog eiwitpercentage, het N-advies 25 tot 40 kg N per ha hoger dan voor voertarwe (Tabel 5).

### *Milieueffecten*

Voor brouwergerst is de gebruiksnorm gebaseerd op de teelt van voergerst, dat een hoger stikstofadvies kent dan brouwergerst. Differentiatie naar teeltwijze voor zomergerst zou leiden tot een lagere gebruiksnorm voor brouwergerst en daardoor ook tot een lager overschot. De teelt van baktarwe heeft een hogere adviesnorm dan voertarwe. Differentiatie zou in dat geval leiden tot hogere adviezen voor wintertarwe en

een hoger overschot.

*Praktische uitvoerbaarheid (telers)*

Voor de telers is dit prima uitvoerbaar. Op de rassenlijst staan de rassen ingedeeld naar type, daar is dus de flexibele norm aan te koppelen.

*Handhaafbaarheid (beleid)*

Handhaafbaarheid is een probleem daar waar zowel voer- als baktarwe en brouw- en voergerst wordt verbouwd. Dit bezwaar is op te lossen door differentiatie alleen toe te passen indien een teler louter baktarwe dan wel brouwerst verbouwd. Via afleverbewijzen moet dan worden aangetoond dat het product ook daadwerkelijk voor dat doel is afgezet.

*Conclusie*

Differentiatie op basis van teeltwijze is weinig relevant voor akkerbouw. Het areaal baktarwe in Nederland is beperkt en het aantal telers dat louter baktarwe teelt is klein. Het grootste areaal zomergerst betreft brouwerst. Differentiatie naar teeltwijze achten we daarom geen interessante optie binnen een systeem met gedifferentieerde normen.

### 3.1.2 Fosfaat

De fosfaatbehoefte hangt vooral af van het gewas en de fosfaattoestand van de bodem (gewasgericht advies). Daarnaast speelt ook het opbrengstniveau een rol, met name wat betreft de handhaving van een bepaalde streefwaarde (bodengericht advies).

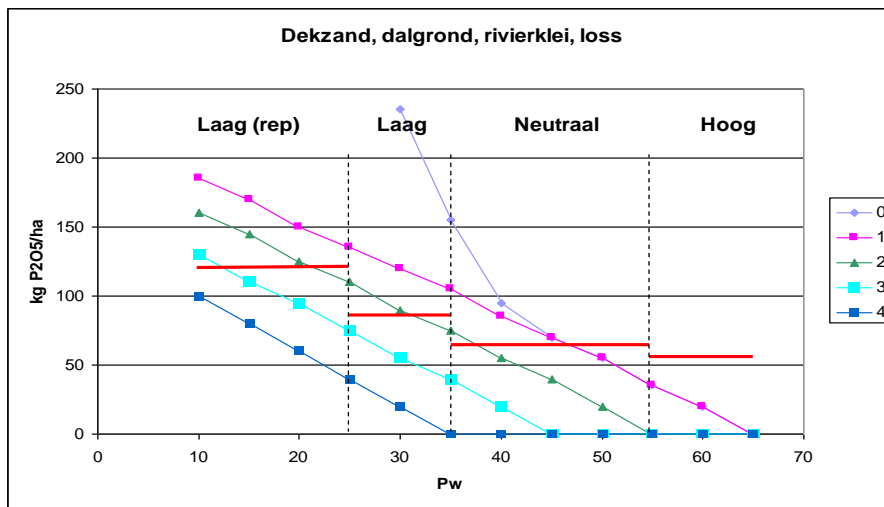
#### **Fosfaattoestand bodem en gewas**

##### *Fosfaatbehoefte*

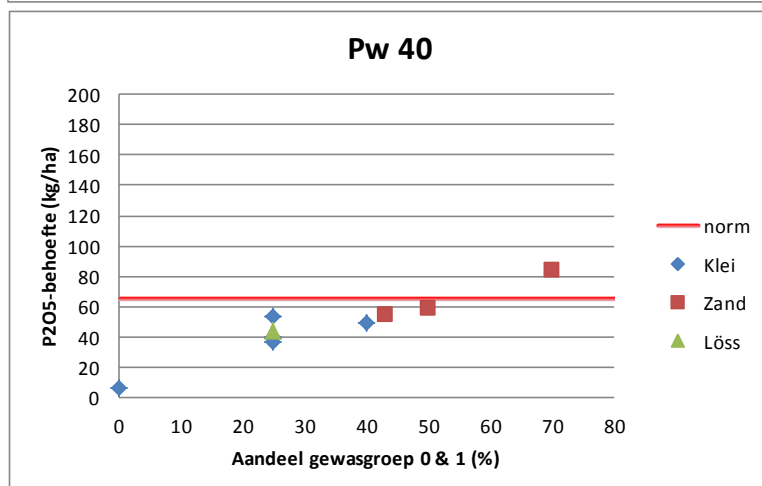
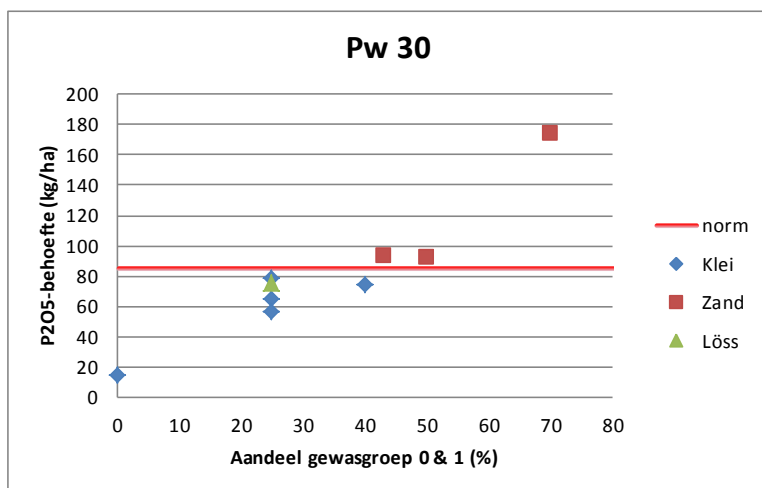
De fosfaatbehoefte hangt sterk af van de fosfaattoestand van de bodem (Pw) en het gewas. Voor zandgrond is dit geïllustreerd in Figuur 4. Het fosfaatbemestingsadvies hanteert geen advies per gewas maar per gewasgroep. Er worden vijf groepen onderscheiden variërend van zeer behoeftig (groep 0: fosfaatbehoefte groentegewassen) naar niet behoeftig (groep 5: o.a. granen). De figuur laat zien dat het bij een gebruiksnorm zoals die geldt in 2013 bij een Pw lager dan 45 het niet meer mogelijk is om de gewassen uit gewasgroep 0 en 1 volgens advies te bemesten. In de meeste bouwplannen op akkerbouwbedrijven worden echter niet alleen maar gewassen uit gewasgroep 0 en 1 geteeld. In Figuur 5 is voor een aantal representatieve akkerbouwplannen de fosfaatbehoefte op bouwplanniveau weergegeven. Hieruit blijkt dat alleen bij intensieve bouwplannen met een hoog aandeel groenten en aardappelen ook op bouwplanniveau bij gebruiksnorm 2013 niet kan worden voldaan aan de gewasbehoefte. Dit betreft bijvoorbeeld akkerbouwbedrijven met industriegroenten in het zuidoostelijk zandgebied. Door de relatief hoge fosfaattoestand op zandgronden (Schoumans, 2007) zal dat op dit moment weinig problemen geven maar door de lagere fosfaatgebruiksnormen zal de fosfaattoestand waarschijnlijk wel gaan dalen. Hierdoor kunnen op termijn mogelijk wel knelpunten ontstaan.

Uit oogpunt van gewasbehoefte lijkt er voor de korte termijn geen grote noodzaak de fosfaatgebruiksnorm verder te differentiëren dan nu al het geval is. Bij eventuele verdere aanscherping van de gebruiksnorm kan dat op termijn mogelijk anders komen te liggen door daling van de fosfaattoestand. De behoefte aan een hogere norm ligt dan vooral bij gewassen uit gewasgroep 0 en 1 bij een fosfaattoestand in het traject 25-35 (toestand laag in wetgeving). Anderzijds zou met name bij een hogere fosfaattoestand uit bemestingstechnisch oogpunt de gebruiksnorm verder kunnen worden verlaagd dan nu het geval is.

Sinds een aantal jaren wordt door verschillende partijen gezocht naar nieuwe analysemethoden die een betere voorspelling geven van de fosfaatbeschikbaarheid voor gewassen. Zo heeft Blgg de Pw-methode, waarmee een mix van direct beschikbaar fosfaat en van de fosfaatnalevering wordt verkregen, vervangen door een combinatie van P-PAE (snel beschikbaar) en P-AL (fosfaatvoorraad van waaruit fosfaat wordt nageleverd). Op basis daarvan zijn door Blgg aangepaste bemestingsadviezen voor P geformuleerd en voor snijmaïs is dit inmiddels overgenomen door de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. In theorie is met de methode binnen de fosfaatruimte op bedrijven een gerichtere toewijzing van fosfaat aan percelen mogelijk. Eventueel zou ook de klassenindeling in de wetgeving kunnen worden gebaseerd op P-PAE/PAI in plaats van Pw waardoor beter wordt aangesloten op de fosfaatbeschikbaarheid voor het gewas.



Figuur 4. Fosfaatbestedingsadvies op zandgrond in relatie tot gewas en fosfaattoestand bodem. De nummers geven de verschillende gewasgroepen weer in het bemestingsadvies. De rode getrokken lijn geeft de fosfaatgebruiksnorm weer voor 2013 (Bron: Van Dijk et al., 2007).



Figuur 5. Fosfaatbehoefte akkerbouwbedrijven op bouwplanniveau in relatie tot het aandeel gewassen in gewasgroep 0 en 1 (meest fosfaatbehoefte gewasgroepen in fosfaatbestedingsadvies) bij een fosfaattoestand van Pw 30 en 40. De rode getrokken lijn geeft de fosfaatgebruiksnorm weer voor 2013 (Bron: Van Dijk et al., 2007).

Fosfaatoverschot

Indien de fosfaatgebruiksnorm zou worden gedifferentieerd naar gewas(groep) op basis van behoefte, betekent dit globaal dat de gebruiksnorm voor gewassen uit gewasgroep 0 en 1 bij een Pw in de klasse laag zou moeten worden verhoogd. Eventueel kan ook worden overwogen om alleen uit te gaan van een toeslag bij gewassen uit gewasgroep 0. Dat betreft een zeer gering areaal vooral vollegrondsgroentegewassen.

De verhoging van de gebruiksnorm zal tot een hoger fosfaatoverschot op deze percelen leiden. Dit zou dan moeten worden gecompenseerd door een lagere norm bij een hogere fosfaattoestand. Doordat het areaal waarop een verhoging gewenst zou zijn, relatief gering is zal de verlaging bij hogere toestanden relatief gering zijn.

#### *Praktische uitvoerbaarheid (telers)*

Differentiatie van de fosfaatgebruiksnorm naar gewas kan eenvoudig gekoppeld worden aan die van stikstof. In vergelijking met het huidige stelsel levert het geen extra administratie of bemonstering op.

#### *Handhaafbaarheid (beleid)*

Handhaving kan via de gewasregistratie die nu ook wordt gebruikt voor de stikstofgebruiksnorm.

#### Conclusie

De fosfaatbehoefte hangt sterk af van gewas en fosfaattoestand. De huidige norm is al gedifferentieerd naar fosfaattoestand. Verdere differentiatie naar gewasgroep is op zich goed in te passen in het huidige stelsel. Gezien de huidige hoge fosfaattoestand van de landbouwbodems in Nederland is de noodzaak minder groot. Alleen op bedrijven met een relatief hoog aandeel gewassen uit gewasgroep 0 en 1 is op percelen met een fosfaattoestand in het traject 25-35 (toestand laag in wetgeving) vanuit oogpunt van gewasbehoefte meer nodig dan de komende jaren voorziene normen.

### **Opbrengstniveau**

#### *Fosfaatbehoefte*

Wat betreft gewasbehoefte zijn er niet direct aanwijzingen dat deze afhangt van het opbrengstniveau. Het fosfaatbestedingsadvies kent naast het gewasgerichte advies tevens een bodemgericht advies. Dit advies geeft voor bouwplannen met aardappelen en andere fosfaatbehoefteige gewassen streefwaarden voor de fosfaattoestand van de bodem (Pw 25 voor klei en Pw 30 voor zand). Tevens worden Pw-trajecten genoemd waarbinnen wordt geadviseerd de toestand te handhaven (25-45 voor klei en 30-45 voor zand).

Indien de fosfaattoestand zich in het streeftraject bevindt wordt geadviseerd om de toestand te handhaven. Hiervoor moet minimaal de afvoer met geoogst product worden gecompenseerd. De afvoer wordt in belangrijke mate bepaald door de opbrengst (Van der Schoot & Van Dijk, 2000; Ehlert et al., 2006). Daarnaast is er sprake van onvermijdbare verliezen. De hoogte daarvan is niet geheel duidelijk en is op dit moment ook onderwerp van onderzoek. In de Adviesbasis wordt uitgegaan van 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha terwijl in de mestwetgeving een hoeveelheid van 5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha wordt genoemd.

Tabel 13 geeft een indicatie van de fosfaatafvoer op akkerbouwbedrijven. Gemiddeld loopt deze uiteen van 40-45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha voor zand- en dalbedrijven tot 55 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha op kleibedrijven. Dit betreft een gemiddelde waarde. Binnen een grondsoort is er sprake van spreiding als gevolg van verschillen in opbrengst en bouwplansamenstelling. Zo blijkt dat de 10% bedrijven met de hoogste afvoer circa 5-10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha meer afvoeren dan het gemiddelde.

De toegestane fosfaatbemesting hangt af van de fosfaattoestand (zie ook hierboven). Bij een Pw tussen 25 en 35 mag er in 2013 85 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha worden gegeven. Mogelijk wordt dat in 2015 afgebouwd naar 75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha. Dit is nog steeds ruim boven de gemiddelde afvoer en de gemiddelde afvoer van de 10% bedrijven met de hoogste afvoer. De gebruiksnorm lijkt voor de meeste bedrijven voldoende om de toestand te handhaven.

Bij een Pw tussen 35 en 55 bedraagt de gebruiksnorm 65 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha in 2013, mogelijk afgebouwd naar 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha in 2015. Vooral op kleibedrijven zou de fosfaattoestand dan kunnen gaan dalen.

Onder een Pw van 36 is de gebruiksnorm echter weer hoger.

Bij een Pw hoger dan 55 bedraagt de gebruiksnorm 55 kg en 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha in respectievelijk 2013 en 2015. In dat geval is de kans groter dat de fosfaattoestand gaat dalen. Dat is echter geen landbouwkundig probleem omdat dergelijke hoge toestanden uit bemestingstechnisch oogpunt ook niet nodig zijn.

Hoewel er duidelijke verschillen zijn in fosfaatafvoer tussen bedrijven, is het de vraag of er met het oog op handhaving fosfaattoestand, binnen de huidige wetgeving behoefte is aan verdere differentiatie op basis van opbrengstniveau. Op bedrijven met een hoog aandeel fosfaatbehoefte gewassen kan het uit oogpunt van fosfaatbehoefte gunstig zijn de fosfaattoestand in de klasse neutraal te houden (Pw >35). In dat geval zal bij hoge opbrengstniveaus bij de op termijn voorziene gebruiksnormen er meer worden afgevoerd dan aangevoerd en zal de fosfaattoestand gaan dalen.

In deze studie is enkel gekeken naar de relatie tussen toegestane fosfaatgebruiksnorm en de fosfaatbehoefte. De fosfaatgebruiksnorm beïnvloedt tevens de mogelijkheden van organische stoftoevoer. Verdere differentiatie van de fosfaatgebruiksnorm zal daarmee ook van invloed zijn op mogelijkheden van organische stofaanvoer.

Tabel 13. **Berekende gemiddelde waarde en spreiding in fosfaatafvoer op bedrijfsniveau in kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha per jaar in relatie tot de fosfaatgebruiksnorm. Fosfaatafvoer berekend op basis van gemeten opbrengst en forfaitaire, gewasafhankelijke fosfaatgehalten in project “Telen met Toekomst” en in PPO-bedrijfssystemenonderzoek (Bron: Van Dijk et al., 2007).**

Grondsoort	Fosfaatgebruiksnorm (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per ha, 2013/2015 <sup>1</sup> )			Fosfaatafvoer (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per ha)		
	Laag	Neutraal	Hoog	Gemiddeld	Gemiddelde waarnemingen < 10-percentiel	Gemiddelde waarnemingen > 90-percentiel
Klei	85/75	65/60	55/50	54	44	64
Zand	85/75	65/60	55/50	49	41	57
Dal	85/75	65/60	55/50	45	40	50

<sup>1</sup> norm 2015 indicatief

#### *Fosfaatoverschot*

De meeste aspecten rond gewasopbrengst, fosfaatafvoer en fosfaatoverschot zijn reeds besproken in de bovenstaande paragraaf. Het zij nog eens benadrukt, dat, evenals bij stikstof, een hogere fosfaatgebruiksnorm op percelen met een hoog opbrengstniveau betekent dat er op percelen met een lager opbrengstniveau de norm moet worden verlaagd om op het totale areaal de fosfaatbelasting gelijk te houden.

#### *Praktische uitvoerbaarheid (telers)*

Zie differentiatie stikstofgebruiksnorm naar opbrengst.

#### *Handhaafbaarheid (beleid)*

Zie differentiatie stikstofgebruiksnorm naar opbrengst.

### Conclusie

Het opbrengstniveau is vooral van belang voor de fosfaatafvoer en daarmee voor de handhaving van een bepaalde fosfaattoestand. Met de voor de komende jaren voorziene gebruiksnormen is er in het landbouwkundig belangrijke Pw-traject van 25-45 gemiddelde genomen nog steeds sprake van een overschot. Wel zal op bedrijven met hoge opbrengsten de afvoer hoger zijn dan de toegestane aanvoer in het Pw-traject 36-45, waardoor de Pw's op termijn naar een waarden tussen de 30-35 zullen dalen. In die situatie is differentiatie een goed instrument om daling van de Pw onder het streeftraject te voorkomen. Aanvoer van organische stof gaat vrijwel altijd gepaard met de aanvoer van fosfaat. Bij de lage gebruiksnorm is de mogelijkheid om organische stof aan te voeren beperkt, uit het oogpunt van bodemvruchtbaarheid vraagt dit aspect bijzondere aandacht.



## 3.2 Verschillen in stikstof- en fosfaatoverschot

### 3.2.1 Stikstof

Het stikstofoverschot van een gewas wordt bepaald door de volgende factoren:

- Opbrengstniveau
- Maatregelen die de N-efficiency verhogen zoals:
  - Hoeveelheid en soort organische mest
  - Bemestingstechniek
  - Teelt van een vanggewas
  - Oogstrestenmanagement

#### **Opbrengstniveau**

De effecten van opbrengstniveau op het N-overschot zijn reeds besproken in paragraaf 3.1.1.

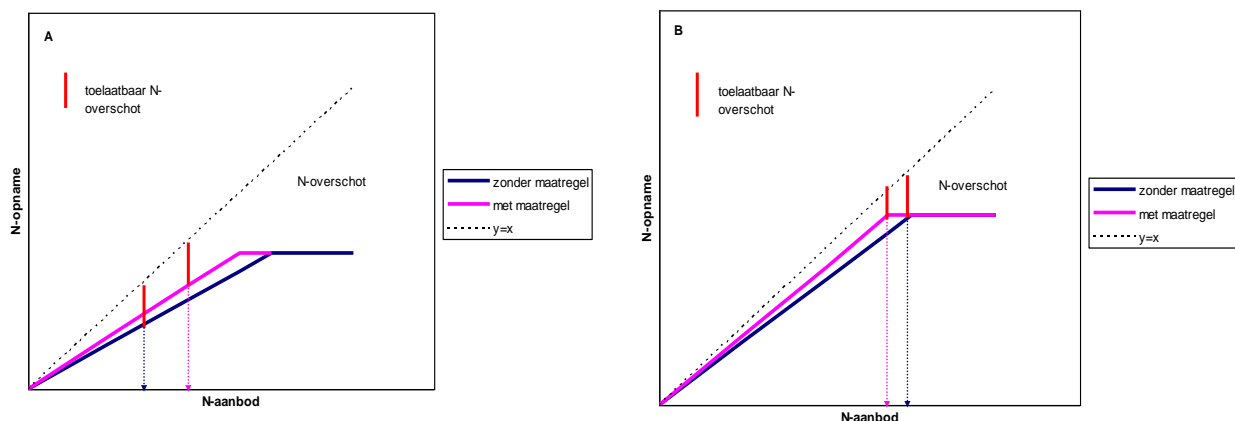
#### **Maatregelen die N-efficiency verhogen**

In hoeverre efficiency verhogende maatregelen van invloed zijn op de toelaatbare N-gebruiksnorm hangt af van de specifieke situatie (Figuur 6). Indien de N-gebruiksnorm zich ruim onder het bemestingsadvies bevindt is er sprake van een suboptimale N-voorziening (Figuur 6A). Verhoging van de efficiency leidt er dan toe dat bij eenzelfde N-gift meer N wordt opgenomen en afgevoerd met geoogst product. Hierdoor daalt het N-overschot. Om op eenzelfde overschot uit te komen als in de situatie zonder maatregel kan de N-bemesting cq. gebruiksnorm worden verhoogd (blauwe → paarse pijl in figuur). Dit is een situatie die zich voordoet op zand- en lössgronden waar de gebruiksnorm voor de uitspoelingsgevoelige gewassen zich onder het advies bevindt.

In het geval de gebruiksnorm zich rondom het advies bevindt en de maatregel leidt niet tot een hogere N-afvoer, dan is er geen grond de gebruiksnorm te verhogen (Figuur 6B). Deze kan dan zelfs verlaagd worden. Dit is globaal de situatie op kleigrond.

Bovenstaande geeft aan dat differentiatie op basis van N-efficiency verhogende maatregelen vooral relevant is voor situaties waarin er sprake is van een suboptimale N-voorziening, met andere woorden vooral op zand- en lössgronden.

Benadrukt moet worden dat bij de onderbouwing van de gebruiksnormen reeds uitgegaan is van een zorgvuldig gebruik van dierlijke mest en kunstmest. Dat betekent bijvoorbeeld dat dierlijke mest kort voor zaaien/poten wordt toegediend (en niet begin februari en niet op stoppels in de nazomer). De maatregelen die hieronder worden besproken betreffen dan ook ingrepen die op dit moment (nog) niet in de gebruiksnormen zijn verdisconteerd. Dit betekent tevens dat, indien bedrijven die dergelijke maatregelen toepassen een hogere norm krijgen, dit geen gevolgen heeft voor de bedrijven die geen maatregelen nemen. Dit is dus een andere situatie dan wanneer bijvoorbeeld een hogere norm wordt gegeven aan bedrijven met hoge opbrengsten. Dit kan milieutechnisch alleen neutraal wanneer de norm bij lagere opbrengsten wordt verlaagd.



Figuur 6. Schematische weergave van relatie tussen N-gebruiksnorm en N-opname zonder en met een efficiencyverhogende maatregel (zie tekst voor toelichting (verschil tussen  $y=x$ -lijn en N-opname geeft overschot)) (Bron: Van Dijk & Schröder, 2007).

## Hoeveelheid en soort organische mest

### Stikstofoverschot

In vergelijking met kunstmest verhoogt organische mest het N-overschot. Dat komt omdat de organische N deels vrijkomt in een periode waarin geen gewassen op het veld staan. Indien het gebruik van dierlijke mest wordt verlaagd of, indien een mestsoort wordt gebruikt met een hogere werkingscoëfficiënt (bijvoorbeeld een dunne fractie), ontstaat ruimte voor een hogere gebruiksnorm. In deze situatie wordt de totale hoeveelheid aangevoerde stikstof (uit organische mest + kunstmest) namelijk lager en daalt het N-overschot. In Tabel 14 is dit geïllustreerd voor het gewas consumptieaardappel op zandgrond.

Uitgangspunt is een situatie waarbij 100 kg N per ha uit varkensdrijfmest wordt gebruikt (N-totaal-aanvoer bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg  $P_2O_5$  per ha) en een generieke gebruiksnorm voor consumptieaardappel van 235 kg N per ha (gebruiksnormniveau 2012/13, cursieve regel in tabel). Vervolgens is met behulp van het WOG-model nagegaan hoe hoog de norm zou mogen zijn bij een verlaagd gebruik van varkensdrijfmest (varianten met 0 en 50 kg N per ha) om een vergelijkbaar N-bodemoverschot te realiseren als bij 100 kg N per ha uit varkensdrijfmest. Bij een inzet van 0 en 50 kg N per ha daalt de totale N-aanvoer (mest + kunstmest) en daarmee het N-overschot in vergelijking met een situatie met 100 kg N per ha uit varkensdrijfmest. Om weer op eenzelfde N-overschot uit te komen als bij 100 kg N per ha uit varkensdrijfmest kan de gebruiksnorm voor aardappel worden verhoogd naar respectievelijk 255 (bij 50 kg N via varkensdrijfmest) en 275 kg N per ha (bij 0 kg N via varkensdrijfmest; alle N via kunstmest).

Ook het gebruiken van een mestsoort met een hogere werkingscoëfficiënt leidt tot een hogere toelaatbare gebruiksnorm. Als voorbeeld is een berekening uitgevoerd met dunne fractie verkregen met een relatief eenvoudige scheidingstechnieken en mineralenconcentraat verkregen na omgekeerde osmose. Voor dunne fractie geldt een wettelijk werking van 80%, voor mineralenconcentraat is uitgegaan van 100%. Wanneer de drijfmest volledig wordt vervangen door dunne fractie of mineralenconcentraat kan voor een vergelijkbaar milieuresultaat de gebruiksnorm worden verhoogd naar respectievelijk 255 en 280 kg N per ha. Het effect van mineralenconcentraat is groter dan dat van dunne fractie. Dat komt vooral door de hogere wettelijke werkingscoëfficiënt die is gehanteerd. Dat bij mineralenconcentraat de toegestane gebruiksnorm meer kan worden verhoogd dan bij alleen kunstmest, komt omdat bij mineralenconcentraat in vergelijking met kunstmest meer ammoniakemissie plaatsvindt waardoor bij een gelijke aanvoer het bodem-N-overschot lager is (geëmitteerde ammoniak belast niet het grondwater).

Benadrukt moet worden dat indien mestsoorten worden gebruikt die een lagere werking hebben dan varkensdrijfmest (zoals runderdrijfmest of compost) de gebruiksnorm moet worden verlaagd voor een vergelijkbaar milieuresultaat.

Tabel 14. **Effect van hoeveelheid en soort dierlijke mest op de N-aanvoer (bij een generieke norm van 235 kg N per ha) en de N-gebruiksnorm waarbij eenzelfde N-bodemoverschot wordt gerealiseerd dan bij gebruik van 100 kg N per ha uit varkensdrijfmest bij het gewas consumptieaardappel op zand.**

N-aanvoer met organische mest (kg/ha)			N-aanvoer kunstmest <sup>1</sup> (kg/ha)	N-aanvoer mest + kunstmest <sup>1</sup> (kg/ha)	Gebruiksnorm bij differentiatie (kg/ha)
Varkensdrijfmest	Dunne fractie <sup>2</sup>	Mineralenconcentraat <sup>2</sup>			
0	0	0	235	235	275
50	0	0	200	250	255
100	0	0	165	265	235
0	100		155	255	255
0		100	135	235	280

1 betreft situatie zonder differentiatie van de gebruiksnorm naar mestsoort

2 betreft dunne fractie via eenvoudig scheiding, wettelijke N-werkingcoëfficiënt = 80%

3 verkregen na omgekeerde osmose, wettelijke N-werkingcoëfficiënt = 100%

#### *Praktische uitvoerbaarheid (telers)*

Het verlagen van het dierlijke mestgebruik of een andere mestsoort gebruiken is eenvoudig door te voeren. Registratie vindt plaats via de administratie ten behoeve van Dienst Regelingen. Aandachtspunt vanuit landbouwkundig oogpunt is wel de lagere aanvoer van organische stof. Dat zal op één of andere manier moeten worden gecompenseerd.

#### *Handhaafbaarheid (beleid)*

Verandering in dierlijke mest gebruik wordt automatisch verwerkt in de administratie ten behoeve van Dienst Regelingen.

#### *Conclusie*

De soort en omvang van dierlijke mestgebruik lijkt een goede maatregel op basis waarvan de gebruiksnorm kan worden gedifferentieerd. Het is bovendien eenvoudig inpasbaar in de bedrijfsvoering van agrarische bedrijven en wat betreft handhaving kan gebruik worden gemaakt van het bestaande systeem.

#### **Telen van vanggewassen**

Vanggewassen verminderen de uitspoeling door achtergebleven stikstof op te nemen en vervolgens weer ten goede te laten komen voor het volggewas. Bij een suboptimale N-bemesting van het hoofdgewas in het jaar daarop leidt dit tot een hogere N-beschikbaarheid waardoor de N-opname door dit gewas stijgt en als gevolg daarvan het N-overschot daalt. Om weer op een vergelijkbaar N-overschot uit te komen als in een situatie zonder een vanggewas kan de gebruiksnorm worden verhoogd. Bij een optimale N-bemesting kan worden bespaard op de N-bemesting. In dat geval is er dus geen reden de gebruiksnorm te verhogen. In deze studie wordt uitgegaan van de eerstgenoemde situatie.

In Tabel 15 zijn met behulp van het WOG-model de effecten van het telen van een vanggewas op de toegestane gebruiksnorm weergegeven. Een vanggewas is alleen zinvol wanneer deze tijdig kan worden gezaaid, bij voorkeur op zijn laatst rond half september. Dat betekent dat op slechts een deel van het areaal een vanggewas mogelijk is. In de tabel is uitgegaan van N-opname van respectievelijk 10 en 20 kg N per ha op bouwplanniveau. Uitgangssituatie is een situatie waarin geen vanggewassen worden geteeld (cursieve regel in tabel). Het telen van een vanggewas leidt tot een hogere toegestane gebruiksnorm (5 kg N per ha per 10 kg door vanggewas opgenomen N). Dit betreft een situatie waarin na het telen van een vanggewas de gebruiksnorm voor alle uitspoelingsgevoelige gewassen is verhoogd. In de tabel is het effect voor alleen aardappel weergegeven.

Tabel 15. **Effect van het telen van vanggewassen op de gebruiksnorm bij het gewas consumptieaardappel op zand waarmee eenzelfde N-overschot wordt gerealiseerd als in een situatie zonder de teelt van een vanggewas.**

Hoeveelheid N in vanggewas (kg N/ha, bouwplanniveau)	Gebruiksnorm (kg N/ha)
0	235
10	240
20	245

Een vanggewas heeft als doel het wegvangen van stikstof. Een groenbemester kan echter ook als doel hebben een bijdrage te leveren aan de organische stofvoorziening. Veelal worden ze dan gezaaid na vroeg ruimende gewassen. Met name wanneer een groenbemester wordt gezaaid na graan wordt er vaak een N-bemesting gegeven voor een voldoende ontwikkeling. Zonder deze bemesting zou de ontwikkeling te veel achterblijven omdat graangewassen doorgaans weinig stikstof in de bodem achterlaten. Het spreekt voor zich dat er in dat geval geen sprake meer is van een vanggewas.

#### *Praktische uitvoerbaarheid (telers)*

Op akkerbouwbedrijven kan het inzetten van vanggewassen problemen geven in verband met schadelijke aaltjes. Ook beperkt het late oogsttijdstip van een deel van de gewassen de mogelijkheid om tijdig een vanggewas (uiterlijk half september) te zaaien.

#### *Handhaafbaarheid (beleid)*

- In het huidige stelsel kan onder voorwaarden een gebruiksnorm voor een groenbemester worden verkregen (50 kg N per ha). Een vanggewas is in principe een onbemest gewas. Wat wel mogelijk is om de hierdoor ontstane ruimte voor verhoging van de gebruiksnorm van gewassen 'terug te slaan' op de gebruiksnorm voor een groenbemester. Stel dat op een kwart van het areaal het zou lukken om een goed geslaagd vanggewas te telen (opname van 80 kg N per ha), dan betekent dat op bouwplanniveau een opname van 20 kg N per ha. Volgens bovenstaand voorbeeld zou, in het geval van aardappel, de gebruiksnorm met 10 kg N per ha kunnen worden verhoogd. Indien dit wordt teruggeslagen op het vanggewasareaal zou dit een groenbemesternorm van maximaal 40 kg N per ha betekenen. In veel praktijksituaties zal de N-opname door een vanggewas op bouwplanniveau lager zijn. Dit betekent om deze maatregel milieutechnisch neutraal te implementeren dat de huidige gebruiksnorm voor een groenbemester moet worden verlaagd.
- De hoogte van de norm hangt af van de N-opname door het vanggewas. Dit is moeilijk te controleren. Sturing via een uiterlijke inzaaidatum (bijvoorbeeld 15 september) biedt mogelijk een oplossing. Echter, ook dit is echter moeilijk te controleren.

#### *Conclusie*

Het telen van een vanggewas verlaagt het N-overschot. De mate waarin hangt echter sterk af van een tijdige zaai van het vanggewas. Dit beperkt de mogelijkheden op akkerbouwbedrijven. Verder is de controle op een tijdige zaai van een vanggewas lastig.

## **Verbetering bemestingstechniek**

#### *Relatie met stikstofbehoefte*

Bij de onderbouwing van de gebruiksnormen is uitgegaan van gangbare bemestingsstrategie. Via nieuwe technieken kan mogelijk een hogere efficiency van de toegediende meststof-N worden gerealiseerd. Hierbij kan gedacht worden aan rijenbemesting of bijmestsystemen op basis van (plaats specifieke) bodem – en gewasmetingen (precisiebemestingssystemen).

Rijenbemesting is vooral van belang bij gewassen die op ruimere rijenafstand worden geteeld zoals aardappelen, suikerbieten, mais en uien. Onderzoeksresultaten met betrekking tot N-rijenbemesting geven een wisselend beeld. Bij aardappelen gaf N-rijenbemesting doorgaans geen beter resultaat dan volvelds bemesten. Mogelijk komt dit omdat bij de rugopbouw de toegediende meststoffen in de rug worden gebracht en zo ook als het ware al een plaatsing in de rug plaatsvindt. Ook in uien gaf rijenbemesting geen voordeel. Bij te hoge giften trad bovendien al snel gewasschade op (Van Geel, 2000). Uit onderzoek met

suikerbieten kwam naar voren dat rijenbemesting alleen een voordeel gaf op stikstofarme percelen bij vroege zaai. Bij maïs werd wel een duidelijk effect gevonden van rijenbemesting. Gemiddeld over de proeven kon 20-30% worden bespaard op de N-gift (Van Dijk & Brouwer, 1998). Bij zetmeel- en consumptieaardappelen is veel onderzoek verricht naar bijmestssystemen (Radersma et al., 2004). Globaal kon circa 10-20% worden bespaard in vergelijking met vaste giften.

#### *Milieu-effect*

Voor het gewas aardappel is nagegaan in hoeverre de gebruiksnorm kan worden verhoogd indien de efficiency van de toegediende werkzame N met respectievelijk 10 en 20% kan worden verhoogd, bijvoorbeeld door het toepassen van bijmestssystemen. In een situatie met een suboptimale N-voorziening leidt dit, evenals bij het telen van een vanggewas, tot een hogere N-opname waardoor het overschot daalt. Om weer op een vergelijkbaar overschot uit te komen als in een situatie zonder maatregel, kan de gebruiksnorm worden verhoogd. Dit effect bedraagt respectievelijk 10 en 20 kg N per ha (Tabel 16). Benadrukt moet worden dat dit alleen geldt voor een situatie van een suboptimale N-voorziening. In geval van een optimale N-bemesting kan er worden bespaard op de N-bemesting.

Tabel 16. **Effect van verhoging van efficiency van de toegediende meststof-N met 10 en 20% op de N-gebruiksnorm waarmee eenzelfde N-overschot wordt gerealiseerd dan in een situatie zonder efficiency verhogende bemestingstechniek bij het gewas consumptieaardappel op zand.**

Verhoging efficiency meststof-N (%)	Gebruiksnorm (kg N/ha)
0	235
10	245
20	255

#### *Praktische uitvoerbaarheid (telers)*

Voor het gewas aardappel zijn een aantal bijmestssystemen beschikbaar (o.a. NBS-bodem en bladsteeltjesmethode). Op dit moment wordt onderzoek verricht in hoeverre met plaats specifieke gewasreflectiemetingen bijmestssystemen zijn te verbeteren. Deze zijn echter nog niet praktijkrijp.

#### *Handhaafbaarheid (beleid)*

Controle of bepaalde bemestingstechnieken zijn gebruikt is lastig. Mogelijk dat uitvoering door een gecertificeerd loonwerker nog een controle mogelijkheid biedt.

#### *Conclusie*

Efficiëntere bemestingstechnieken kunnen leiden tot een betere benutting van stikstof waardoor het overschot daalt. In situaties van suboptimale N-bemesting kan de gebruiksnorm worden verhoogd zonder dat het overschot groter wordt. Uit oogpunt van controleerbaarheid blijft dit echter een lastige maatregel.

### **Oogstrestenmanagement**

In de huidige akkerbouwpraktijk blijven de meeste oogstresten achter op het land. Een uitzondering is stro. Bij de onderbouwing van de gebruiksnormen is echter vanuit gegaan dat het stro wordt afgevoerd. Het zit dus al verdisconteerd in de normen.

Bij de andere gewassen is het vooral in situaties waarbij met gewasresten veel N op het land achterblijft, zoals suikerbieten, het zinvol om na te gaan hoe de N-uitspoeling kan worden verlaagd door een optimalisering van het management van die gewasresten. Daarbij kan worden gedacht aan het verwijderen van die gewasresten, eventueel in combinatie met een verwerking en het terugbrengen naar een perceel binnen het bedrijf, maar bijvoorbeeld ook aan het beïnvloeden van het tijdstip waarop de gewasresten op het perceel terecht komen.

Door gewasresten van het land af te voeren wordt het N-overschot op perceel verlaagd, vooral bij gewassen waarbij de N-inhoud in gewasresten hoog is, zoals suikerbieten. Een belangrijke vraag daarbij is of verwijderen van die gewasresten ook leidt tot een verlaging van de N-uitspoeling. Met name dit laatste bepaalt of het zinvol is om de gewasresten te verwijderen en of in ruil voor die maatregel een hogere N-gift

verantwoord is.

Als gewasresten worden verwijderd is het vervolgens van belang wat er mee wordt gedaan. Afvoer vanaf het bedrijf leidt tot de sterkste daling van het N-overschot op bedrijf maar mogelijk wel tot verliezen elders. Hergebruik binnen het bedrijf (na composteren of vergisten) kan onder voorwaarden mogelijk de benutting verhogen en daarmee het overschot verlagen. Of dit echt het geval is, moet blijken uit een vergelijking tussen het achterlaten van gewasresten en het verwijderen en hergebruik in de vorm van compost en/of digestaat en het effect op het N-verlies en de N-levering aan het volggewas.

Hierna wordt achtereenvolgens ingegaan op de volgende vragen:

- Wat is het effect van het verwijderen van gewasresten op verlagen van N-overschot en N-uitspoeling?
- Wat zijn de consequenties als gewasresten worden afgevoerd van het bedrijf?
- Wat zijn de consequenties als gewasresten binnen bedrijf worden hergebruikt na composteren of vergisten?

#### Effect van verwijderen van gewasresten op verlagen van N-overschot en N-uitspoeling

Er zijn de laatste jaren diverse studies verricht naar het effect van het verwijderen van gewasresten ten behoeve van een beperking van N-verliezen (o.a. Zwart et al., 2004; De Ruijter & Postma, 2004; De Ruijter & Smit, 2007; Van Geel, 2008).

De conclusies in de bureaustudie van De Ruijter & Smit (2007) en de veldproef van Van Geel (2008) waren vergelijkbaar: ondanks een aanzienlijke N-inhoud in de gewasresten van suikerbieten (kop en loof) van ca. 100 kg N per ha, is de N-uitspoeling relatief beperkt (10-20%, ofwel 10-20 kg N per ha). Dit zou betekenen dat het verwijderen van de gewasresten van suikerbieten wel sterk bijdraagt aan verlaging van het N-overschot (verlaging op perceelsniveau is ca. 100 kg N per ha), maar dat de bijdrage aan het verlagen van de N-uitspoeling geringer is (verlaging op perceelsniveau ca. 15 kg N per ha).

De hiervoor beschreven resultaten zijn enigszins afwijkend van de uitgangspunten die zijn gehanteerd bij Schröder et al. (2004), aangezien zij op basis van resultaten van het LMM (Fraters et al., 2007) uitgaan van een vaste verhouding tussen het bodemoverschot en de uitspoelingsfractie, die afhankelijk is van grondsoort, bodemgebruik en grondwaterstand. Voor bouwland op zandgrond wordt voor grondwatertrappen van IV, VI en VII uitgegaan van uitspoelingsfracties van 38, 58 en 73%. Dit is aanmerkelijk hoger dan de fracties die specifiek voor suikerbieten zijn gevonden. Wel moet worden benadrukt dat de uitspoelfracties zijn afgeleid van metingen op akkerbouwbedrijven waar ook suikerbieten werden geteeld.

#### Consequenties van afvoer van gewasresten van bedrijf

Als gewasresten van suikerbieten van het veld worden verwijderd en tevens worden afgevoerd van het bedrijf heeft dit op de korte termijn een groot effect op het N-overschot, vooral op perceelsniveau. Dit kan worden beschouwd als een positief effect, wat een (beperkt, zie hiervoor) effect zal hebben op het verlagen van de N-uitspoeling en wat een hogere N-gift legitimeert. Zoals hiervoor is aangegeven zal de N-uitspoeling door deze maatregel met ca. 10-20 kg N per ha worden verlaagd.

Het verwijderen van gewasresten van suikerbieten van het perceel en het bedrijf heeft echter ook negatieve effecten op de opbouw van organische stof en de N-mineralisatie op het betreffende perceel. Het betekent ook dat er geen sprake zal zijn van N-nalevering voor het volggewas en dat de benodigde N-gift voor het volggewas hoger zal zijn. Volgens de adviesbasis bemesting (Van Dijk & Van Geel, 2010) kan er in het eerste jaar na de teelt van suikerbieten rekening worden gehouden met een nalevering van 30 kg N per ha, als de gewasresten op het land achterblijven.

#### Consequenties van hergebruik van gewasresten binnen bedrijf

De negatieve effecten van het verwijderen van gewasresten van het perceel, zoals hiervoor is beschreven, kunnen deels worden ondervangen door de gewasresten binnen of buiten het bedrijf te verwerken door compostering of vergisting en de resulterende compost of digestaat terug te brengen op het perceel/bedrijf waarvan de gewasresten afkomstig zijn. Van belang zijn daarbij hoeveel N verloren gaat tijdens het verwerkingsproces en hoeveel van de N in de compost of het digestaat beschikbaar kan komen

voor het gewas. Door Postma et al. (2009) is vastgesteld dat het N-verlies tijdens compostering van gewasresten van de vollegrondsgroentegewassen prei, broccoli en aardbei maximaal 17% bedroeg en dat het grootste deel van de N uit gewasresten kan worden vastgelegd in de compost en weer terug kan worden gebracht naar het bedrijf/perceel. De N-werking van de compost is in het eerste jaar na toediening echter beperkt en zal ca. 10-20% bedragen. Op de lange termijn zal in een evenwichtssituatie circa 50-60% van de N beschikbaar komen. Uit een studie van De Ruiter et al. (2009) blijkt dat de nutriënten tijdens de vergisting van suikerbietenblad in principe aanwezig blijven en dat vrijwel alle N in minerale vorm wordt omgezet (ca. 90%). Bij de toediening kan, afhankelijk van de toedieningstechniek, een deel van de ammonium in het digestaat verloren gaan door vervluchtiging. Bij injectie kan hiervoor worden uitgegaan van circa 5%.

De gecombineerde effecten van het verwijderen van gewasresten, de eventuele verwerking via composteren en/of vergisten en het terugbrengen op het land zijn samengevat in Tabel 17. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De effecten zijn doorgerekend voor zandgrond op regionaal bouwplanniveau (gemiddeld AT-bouwplan op zandgrond). Hierin is het aandeel suikerbieten circa 15%.
- Evenals in andere voorbeelden is weer uitgegaan van de gebruiksnorm voor 2012/13. In de tabel is als voorbeeld de norm voor consumptieaardappel weergegeven. Voor de uitspoelingsgevoelige gewassen is er sprake van een suboptimale N-voorziening.
- Bij het composteren gaat 15% van de in het bietenblad aanwezige N verloren.
- Voor de ammoniakemissie van het bietenbladdigestaat is uitgegaan van 5% van de ammonium-N.
- De lange termijn werkzaamheid van het achtergelaten bietenblad en de in geproduceerde compost en digestaat aanwezige N bedraagt respectievelijk 40, 60 en 90% (zie Van Dijk & Schröder, 2007).

Uit de resultaten blijkt dat het N-bodemoverschot volgens verwachting het sterkst daalt bij afvoeren van het bietenblad van het bedrijf (circa 15 kg N per ha op bouwplanniveau). Voor een vergelijkbaar milieuresultaat als bij het achterlaten van het bietenblad kan de gebruiksnorm van uitspoelingsgevoelige gewassen worden verhoogd. Voor consumptieaardappel betekent dit een norm van circa 275 kg N per ha. Deze verhoging is aanzienlijk hoger dan de daling van het N-overschot. Hierbij moet worden bedacht dat de stijging van de N-gift hoger mag zijn dan de daling van het overschot doordat de extra aangevoerde N deels door het gewas wordt opgenomen, m.a.w. het N-overschot neemt minder snel toe dan de toename van de N-bemesting. Er is immers sprake van een suboptimale situatie voor de N-bemesting. Verder moet worden benadrukt dat de verhoging van de norm bij de andere uitspoelingsgevoelige gewassen in relatieve zin gelijk is maar dat door verschillen in bemestingsadvies het absolute effect verschilt tussen gewassen. Door het hoge adviesniveau is het absolute effect bij consumptieaardappel relatief groter dan bij bijvoorbeeld een gewas als maïs. Het effect van composteren en vergisten van het bietenblad op het N-bodemoverschot is beduidend geringer in vergelijking met afvoeren. Dit komt omdat slechts een deel van de teruggebrachte N wordt opgenomen door het gewas ook al is deze wel voor het grootste deel beschikbaar zoals bij vergisten. Dat composteren ondanks de lagere werkzaamheid van de N toch een vergelijkbaar effect heeft op het N-bodemoverschot dan vergisten komt doordat een deel van de N tijdens composteren verloren gaat en derhalve niet bijdraagt aan het bodemoverschot en de belasting van het grondwater.

Tabel 17. **Indicatief effect van behandeling van het bietenblad op het N-bodemoverschot en de gebruiksnorm voor consumptieaardappel op regionaal niveau op zandgrond. De gebruiksnorm is zodanig ingesteld dat een vergelijkbaar overschot wordt behaald als bij het achter laten van het bietenblad.**

Behandeling bietenblad	Effect op N-bodemoverschot regionaal bouwplan (kg N/ha t.o.v. achterlaten)	Gebruiksnorm consumptieaardappel (kg N/ha)
<i>Achterlaten</i>	-	235
Afvoeren van bedrijf	-14	275
Composteren en terugbrengen op land	-4	245
Vergisten en terugbrengen op land	-4	245

### *Praktische uitvoerbaarheid (telers)*

Het verwijderen van gewasresten van suikerbieten van het perceel is vrij bewerkelijk. Dit geldt in nog sterkere mate voor de verwerking, b.v. door compostering en/of vergisting. De praktische uitvoerbaarheid is dan ook beperkt. Voor akkerbouwers is dit alleen aantrekkelijk als de voordelen opwegen tegen de nadelen. Dit zou b.v. het geval kunnen zijn als vergisting van de gewasresten tot een hoge energie-productie kan leiden, zoals dat bij suikerbietenblad het geval kan zijn.

### *Handhaafbaarheid en controleerbaarheid (beleid)*

De handhaafbaarheid en controleerbaarheid van deze maatregel is redelijk goed, aangezien zichtbaar gemaakt kan worden dat gewasresten van het land zijn verwijderd. Anderzijds kan dit door onderploegen relatief eenvoudig worden gecamoufleerd.

### Conclusie

Het verwijderen van gewasresten kan met name bij suikerbieten leiden tot een verlaging van het N-overschot en tot een (beperkte) verlaging van de N-uitspoeling. Dit legitimeert een verhoging van de N-bemesting van de gewassen. In situaties waarbij de gewasresten van het bedrijf worden afgevoerd kan de N-gift meer worden verhoogd dan in situaties waarbij de gewasresten na composteren en/of vergisten binnen het bedrijf opnieuw worden aangewend.

Vooralsnog is het afvoeren van bietenblad voor praktijkbedrijven geen aantrekkelijke optie, en lijkt het opnemen van een correctiepost daarvoor in de gebruiksnorm niet nodig. Op het moment dat gebruik van het blad voor energieopwekking in bijvoorbeeld vergistingsinstallaties aantrekkelijk wordt, kan het interessant worden wel een correctiepost op te nemen voor het afvoeren van suikerbietenloof.



### 3.2.2 Fosfaat

Het fosfaatoverschot van een gewas wordt bepaald door de volgende factoren:

- Opbrengstniveau
- Maatregelen die de P-efficiency verhogen zoals:

#### **Opbrengstniveau**

De effecten van opbrengstniveau op het P-overschot zijn reeds besproken in paragraaf 3.1.2.

#### **Efficiency verhogende maatregelen**

##### *Fosfaatbehoefte*

Bij fosfaat betreft dit vooral een betere plaatsing van de fosfaatmeststof bijvoorbeeld via rijenbemesting. In Van Dijk et al. (2008) wordt een overzicht gegeven van gevonden effecten van fosfaatrijenmesting bij op rijen geteelde gewassen. Duidelijke effecten werden gevonden bij maïs en bonen (besparing van 60-80% ten opzichte van volvelds bemesten). Het bemestingsadvies houdt hiermee ook rekening. Bij rijenbemesting kan bij deze gewassen worden volstaan met de helft van de volvelds geadviseerde gift. De effecten bij aardappelen en suikerbieten waren minder sterk. Bij aardappelen komt dit mogelijk doordat bij de rugopbouw de volvelds toegediende fosfaat in de rug wordt gebracht en zo als het ware al een plaatsing in de rug plaatsvindt.

##### *Fosfaatoverschot*

Zoals hierboven aangegeven leidt een betere plaatsing van fosfaat vooral bij lagere fosfaattoestanden tot een hogere efficiency. Hierdoor kan het overschot aanzienlijk worden verlaagd in vergelijking met volvelds bemesting. Omdat in dat geval binnen de op termijn geldende gebruiksnormen meestal wordt voldaan aan de gewasbehoefte is er geen reden de gebruiksnorm te verhogen. Plaatsing van de meststof moet dan meer worden gezien als maatregel om de risico's van opbrengstderving bij aangescherpte, op evenwichtsbemesting gebaseerde gebruiksnormen te beperken. Kanttekening die hierbij gemaakt moet worden is dat zeker op zandbedrijven de fosfaat vrijwel volledig in de vorm van dierlijke mest wordt toegediend die technisch gezien minder goed te plaatsen is dan kunstmest.

##### *Conclusie*

Differentiatie van de fosfaatgebruiksnorm op basis van bemestingswijze is niet nodig. De maatregel moet meer worden gezien om beter te kunnen omgaan met lagere fosfaatgebruiksnormen.

### 3.3 Verschillen in uitspoelingsgevoeligheid

In deze paragraaf beperken we ons tot de uitspoelingsgevoeligheid van N. Verschillen tussen percelen worden vooral bepaald door hydrologie (diepte grondwaterstand) en de grondsoort.

#### 3.3.1 Hydrologie

##### *Milieu-effect*

Op zandgronden wordt de uitspoeling sterk bepaald door de grondwaterstand (GT-klasse). Dit is in Tabel 18 geïllustreerd bij het gewas consumptieaardappel. Uitgangspunt is een generieke norm bij een gemiddelde GT-verdeling zoals gebruikt in Van Dijk & Schröder (2007). Evenals in voorgaande voorbeelden is uitgegaan van een gebruiksnormniveau van 235 kg N per ha. Om een vergelijkbaar milieuresultaat te realiseren kan op nattere percelen (GT IV) worden bemest met 275 kg N per ha. Anderzijds moet de gebruiksnorm op droge percelen (GT VII) veel lager zijn voor een vergelijkbaar milieuresultaat (175 kg N per ha).

Tabel 18. **Effect van grondwatertrap (GT)-klasse op gebruiksnorm bij consumptieaardappel op zandgrond waarmee eenzelfde nitraatgehalte wordt gerealiseerd dan bij een gemiddelde situatie voor GT.**

GT-klasse	Gebruiksnorm (kg N/ha)
<i>Gemiddeld (GT IV: GTVII = 0.48:0.52)</i>	235
GT IV	275
GT VII	175

##### *Praktische uitvoerbaarheid (telers)*

De hydrologische toestand betreft voor telers eigenlijk een gegeven situatie waaraan hij/zij weinig kan veranderen. Het betekent dat binnen een zandregio de telers op droge zandgronden veel minder ruimte krijgen dan die op nattere zandgronden.

##### *Handhaafbaarheid (beleid)*

- De GT-klasse van percelen is bekend en de gebruiksnorm kan daarvan afhankelijk worden gemaakt. Feitelijk ontstaat dan weer een situatie waarvan ook binnen het Minas-stelsel sprake was, namelijk een onderscheid tussen natte en droge zandgronden. Bij de introductie van het gebruiksnormenstelsel is men echter juist daarvan afgestapt.
- Bij de onderbouwing van de gebruiksnormen op zandgrond is voor de insteek gekozen om op regionaal niveau te voldoen aan de nitraatnorm. Overschrijdingen (droog zand, uitspoelingsgevoelige gewassen) kunnen worden geaccepteerd mits gecompenseerd door overschrijdingen (nat zand, niet uitspoelingsgevoelige gewassen) elders in de regio. Vanuit dat gezichtspunt is het niet voor de hand liggend om binnen een gebied te differentiëren naar verschillen in hydrologie.

##### *Conclusie*

De hydrologie bepaalt in sterke mate de uitspoeling op zandgronden hetgeen differentiatie rechtvaardigt. Indien bij het beleid ervan wordt uitgegaan dat op gebiedsniveau moet worden voldaan aan de nitraatnorm, is er echter geen reden om te gaan differentiëren.

#### 3.3.2 Grondsoort

In het huidige stelsel wordt reeds gedifferentieerd naar grondsoort. Dit gebeurt op basis van de hoofdgrondsoorten klei, zand, löss en veen. Op de uitspoelingsgevoelige grondsoorten zand en löss gelden voor eenzelfde gewas lagere stikstofgebruiksnormen dan op de minder uitspoelingsgevoelige kleigronden. Binnen een hoofdgrondsoort kunnen er ook verschillen zijn in uitspoelingsgevoeligheid. Hierboven zijn reeds verschillen in hydrologie op zandgronden aan de orde geweest. Ook binnen kleigronden kan er sprake zijn verschillen, bijvoorbeeld door textuurverschillen (onderscheid lichte en zware kleigronden). Er zijn echter geen relaties beschikbaar die aangeven hoe daarmee rekening zou kunnen worden gehouden. In de huidige wetgeving wordt geen onderscheid gemaakt tussen zand- en dalgronden. Verwacht mag

worden dat de mineralisatie op dalgronden vaak wat hoger zal zijn dan op zandgronden. Dit zou echter ook via het N-leverend vermogen van de bodem kunnen lopen.

## 3.4 Conclusie

In Tabel 19 is een samenvattend overzicht gegeven waarbij de factoren op basis van een aantal criteria zijn beoordeeld.

### *Stikstof*

Meest voor de hand liggende perceels- en gewasfactoren op basis waarvan de N-gebruiksnorm kan worden gedifferentieerd zijn opbrengstniveau en hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar. Deze factoren zijn van invloed op de gewasbehoefte en het N-overschot en zijn redelijk tot goed vast te stellen en te handhaven. Differentiatie naar opbrengst vraagt wel een sluitende administratie van de opbrengsten van de gewassen. Voor de grote akkerbouwgewassen (aardappelen, suikerbieten, granen, uien, peen) lijkt dit goed mogelijk. Wel moet worden benadrukt dat verruiming van de gebruiksnorm op basis van hoge opbrengsten of lage Nmin-voorraad betekent dat de norm op de overige percelen moet worden verlaagd teneinde differentiatie milieutechnisch neutraal te laten verlopen.

Hoewel het mineralisatieniveau van de bodem eveneens een duidelijke relatie heeft met de bemestingsbehoefte is er op dit moment nog geen goede indicator beschikbaar. Consequentie is dat percelen met een hoge mineralisatie niet uit te filteren zijn, dus ook in aanmerking kunnen komen voor extra gebruiksruimte terwijl dat voor de teelt niet nodig is. Wel kan worden overwogen om op percelen waarop N-rijke gewasresten zijn ondergewerkt (gras, luzerne, suikerbieten) uit te sluiten van verruiming van de norm of slechts in beperkte mate een verruiming toe te staan.

Bij rassen is er bij aardappelen een duidelijke relatie met de N-behoefte, echter in het huidige stelsel is er al een rassendifferentiatie die in het algemeen goed werkbaar is. Bij de andere gewassen is er op dit moment landbouwkundig geen duidelijke reden of ontbreekt informatie om verder te differentiëren naar ras.

Hoewel teeltwijze bij wintertarwe en zomergerst van invloed is op de N-behoefte, is de relevantie voor de akkerbouwpraktijk minder groot. Verreweg de meeste tarwe en zomergerst worden geoogst als respectievelijk voertarwe en brouwergerst.

Door verschillen in hydrologie en grondsoort zijn er duidelijk verschillen in uitspoelingsgevoeligheid tussen percelen. Deels wordt daar in het huidige stelsel al rekening mee gehouden door verschillen in gebruiksnormen tussen hoofdgrondsoorten. Bij zandgronden is de hydrologie van grote invloed op de uitspoeling naar het grondwater. Differentiatie op basis van deze factor valt milieukundig goed te verdedigen. De teler kan daar echter niet op sturen. Bovendien is het beleid juist afgestapt van het onderscheid tussen droge en natte zandgronden.

Differentiatie naar maatregelen die de N-efficiency verhogen zijn vooral interessant in situaties dat de gebruiksnorm lager is dan het landbouwkundig advies en er sprake is van een suboptimale N-bemesting. Wanneer in zo'n situatie de efficiency van de toegediende N wordt verhoogd stijgt de N-opname en daalt het N-overschot. Om eenzelfde overschot te realiseren als in een situatie zonder maatregel kan de gebruiksnorm omhoog. Deze situatie komt vooral voor op zandgronden, zeker als op termijn de gebruiksnormen verder worden aangescherpt.

Bij de efficiency verhogende maatregelen komt vooral de hoeveelheid en soort dierlijke mest in beeld. Het effect op het overschot is relatief groot en via de mestboekhouding goed in kaart te brengen en te controleren. De andere maatregelen zijn of op grotere schaal minder goed inpasbaar in de bedrijfsvoering (afvoeren bietenblad) of hebben een relatief gering effect op het overschot (vanggewassen, bemestingstechniek) c.q. zijn minder goed of niet te controleren.

Wel moet worden opgemerkt dat door nieuwe ontwikkelingen een aantal van deze maatregelen meer in beeld kunnen komen. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer in het kader van energieopwekking gebruik van het bietenblad in vergistingsinstallaties aantrekkelijk wordt. Ook kan de inzet van vanggewassen

interessanter worden bij het beschikbaar komen van aaltjesresistente rassen of wanneer het aandeel vroege rassen gaat toenemen.

De genoemde maatregelen zijn op dit moment (nog) niet verdisconteerd in de gebruiksnormen. Dat betekent dat, anders dan bij differentiatie op basis van opbrengst of Nmin-voorraad, differentiatie op basis van een dergelijk maatregel geen consequenties heeft voor de gebruiksnorm voor telers die niet gebruik maken van een verhoogd norm.

#### *Fosfaat*

De fosfaatbehoefte hangt sterk af van gewas en fosfaattoestand. De huidige norm is echter al gedifferentieerd naar fosfaattoestand. Verdere differentiatie naar gewasgroep is op zich goed in te passen in het huidige stelsel. Echter, gezien de huidige hoge fosfaattoestand van de landbouwbodems in Nederland is de noodzaak minder groot. Alleen op bedrijven met een relatief hoog aandeel fosfaatbehoefte gewassen is op percelen met een fosfaattoestand in het traject 25-35 (toestand laag in wetgeving) vanuit oogpunt van gewasbehoefte meer nodig dan de komende jaren voorziene normen. In deze situaties kan ook verbetering van bemestingstechniek via een betere plaatsing een oplossing bieden.

Het opbrengstniveau is vooral van belang voor de fosfaatafvoer en daarmee voor de handhaving van een bepaalde fosfaattoestand. Met de voor de komende jaren voorziene gebruiksnormen is er in het landbouwkundig belangrijke Pw-traject van 25-45 gemiddelde genomen nog steeds sprake van een overschot. Wel zal op bedrijven met hoge opbrengsten de afvoer hoger zijn dan de toegestane aanvoer in het Pw-traject 36-45, waardoor de Pw's op termijn naar een waarden tussen de 30-35 zullen dalen. In die situatie is, vooral voor bedrijven met een hoog aandeel fosfaatbehoefte gewassen, differentiatie naar opbrengst een goed instrument om daling van de Pw onder het streeftraject te voorkomen. De consequentie is dan wel dat de fosfaatafvoer op bouwplanniveau moet worden vastgesteld en dus voor alle gewassen een opbrengstadministratie moet worden bijgehouden.

Tabel 19. **Beoordeling potentiële factoren op basis waarvan differentiatie van gebruiksnormen mogelijk is.**

Factor	Relatie met N/P-behoefte	Relatie met N/P-overschot cq. uitspoeling	Uitvoerbaarheid telers	Controleerbaarheid beleid
<b>Stikstof</b>				
<i>Perceels/gewaseigenschappen</i>				
Opbrengstniveau	0+	++	+	+
Rassen	0+	0+	+	+
Teeltwijze	0+	+/-	+	-
N-leverend vermogen				
• Nmin,voorjaar	++	+	++	++
• Mineralisatieniveau bodem	++	+	-	-
<i>Maatregelen</i>				
Hoeveelheid en soort dierlijke mest	0	++	++	++
Vanggewassen	+	+	0+	0/-
Bemestingstechniek	+	+	+	-
Oogstrestenbeheer	0+	+(+)	-	-
<i>Uitspoelingsgevoeligheid</i>				
Hydrologie	0	++	+	+
Grondsoort	0+	++	+	+
<b>Fosfaat</b>				
<i>Perceels/gewaseigenschappen</i>				
Gewas	++	+	+	+
Fosfaattoestand	++	+	+	+
Opbrengstniveau	0+	++	+	+
<i>Maatregelen</i>				
Bemestingstechniek	++	++	+	-

## 4 Systemen van differentiatie

In het voorgaande hoofdstuk zijn de potentiële bouwstenen besproken op basis waarvan kan worden gedifferentieerd. De volgende vraag is in welke vorm dit het beste kan worden vormgegeven en welke randvoorwaarden moeten worden gesteld indien gebruik wordt gemaakt van de mogelijkheid van een gedifferentieerde norm. In dit hoofdstuk gaan we hier nader op in.

Belangrijke vraag voor de hele systematiek is of recht gedaan wordt aan de verschillen die optreden en niet de bedrijven die het al gemakkelijker hebben met de gebruiksnormen het makkelijker maakt en omgekeerd. Bijvoorbeeld geen verhoging van de norm bij hoge opbrengsten op stikstofrijke percelen.

### 4.1 Systemen en varianten

In deze paragraaf worden een aantal mogelijke systemen op hoofdlijnen uitgewerkt. Conform de wens van de opdrachtgever is als basis gekozen voor een systeem met een lage generieke gebruiksnorm met de mogelijkheid van verruiming wanneer dat uit landbouwkundig en milieukundig oogpunt te rechtvaardigen is. Belangrijk hierbij is dat het systeem niet mag leiden tot milieutechnische verslechtingen. Globaal betekent dit dat wanneer er sprake is van verruiming van de gebruiksnorm er ergens anders moet worden gecompenseerd via een verlaging van de generieke norm. In een systeem met flexibele normen zal de generieke norm derhalve lager zijn dan in een niet gedifferentieerd systeem.

Een andere optie is een volledig flexibel systeem met plussen en minnen voor iedereen. Dit betekent dat iedereen zijn/haar gebruiksruijme moet uitrekenen op basis van perceels- en bedrijfskenmerken. Hiervoor is in deze studie niet gekozen.

#### *Huidig systeem*

Het huidige systeem van gebruiksnormen kent voor stikstof een gebruiksnorm voor dierlijke mest van maximaal 170 kg N per ha en een gewasafhankelijke norm voor werkzame N uit dierlijke mest en kunstmest. Om de werkzame N te kunnen uitrekenen is voor de diverse organische mestsoorten aangegeven welk deel als werkzame N moet worden ingerekend (wettelijk te hanteren werkingscoëfficiënt). Afhankelijk van de organische mestsoort kan de totale stikstofinput aanzienlijk variëren (zie tabel 20).

Tabel 20. **Totale en werkzame N-aanvoer bij gebruik van diverse organische mestsoorten bij het gewas consumptieaardappel op zandgrond (gebruiksnorm 2012/13).**

Mestsoort	N-org mest	N-wz mest	Gebruiksnorm	N-kunstmest	N-totaal
Compost	170	17	235	218	388
Runderdrijfmest	170	102	235	133	303
Varkendrijfmest	170	119	235	116	286
Dunne fractie	170	136	235	99	269
Mestconcentraat	170	170	235	55	225

#### **Vaststelling gebruiksnorm vooraf via een inspanningsverplichting**

Bij dit systeem wordt voor elk element van differentiatie (hieronder is uitgegaan van opbrengstniveau, minerale N in voorjaar en dierlijke mestgebruik), van tevoren bepaald hoeveel extra de generieke gebruiksnorm mag worden verruimd:

- Opbrengstniveau
  - Voor elk gewas waarbij differentiatie wordt toegestaan, wordt aangegeven hoeveel hoger de norm mag zijn bij een bepaald opbrengstniveau.
  - De verhoogde norm kan op verschillende wijzen worden vormgegeven
    - Alleen verhoging boven een bepaald opbrengstniveau
    - Verfijnder systeem met per opbrengstklasse verhoogde norm
  - De teler bepaalt op basis van historische gegevens (bijvoorbeeld laatste 5 jaar) het gemiddelde opbrengstniveau en moet dit kunnen bewijzen via geteelde areaal (Meitelling) en verkoopbewijzen.

- Nmin,voorjaar
  - Bij lage Nmin-waarden wordt aangegeven hoeveel hoger de gebruiksnorm kan zijn gegeven een bepaalde uitslag.
  - De verhoogde norm kan op verschillende wijzen worden vormgegeven:
    - Alleen verhoging beneden een bepaald niveau
    - Verfijnder systeem met per Nmin-klasse een verhoogde norm
  - De teler bepaalt op basis van actuele gegevens in het betreffende voorjaar de hoeveelheid Nmin en moet dit kunnen bewijzen via monsteruitslagen van een daartoe gecertificeerd laboratorium. In plaats van te werken met actuele gegevens kan ook worden uitgegaan van historische gegevens (bijvoorbeeld gemiddelde van de laatste 5 jaar).
  
- Ander organische mestgebruik
  - Bij de generieke norm wordt uitgegaan van een bepaald niveau van dierlijke mestgebruik. Voor situaties waarin er minder dierlijke mest of een mestsoort wordt gebruikt met een hogere werkingscoëfficiënt, moet worden vastgesteld in hoeverre de norm kan worden verhoogd. Dit heeft te maken met het verschil tussen N-totaal en N-werkzaam in de organische mest. In de huidige systematiek hangt op bedrijfsniveau de gebruiksnorm niet af van de hoeveelheid en soort organische mest die de teler gebruikt. Het N-overschot, en daarmee de berekende uitspoeling, wordt hier wel sterk door beïnvloed (zie Tabel 20). Door de totale stikstofruimte anders te gebruiken (organische meststoffen met een hoge N-werking) is een hogere gebruiksnorm voor werkzame stikstof mogelijk.
  - Een dergelijke differentiatie is alleen zinvol voor situaties waarin de N-voorziening suboptimaal is (zand- en lossgronden). In andere gevallen is er geen reden de N-gebruiksnorm te verhogen, maar kan er juist worden bespaard op N.
  - De verhoging van de gebruiksnorm bij gebruik van een mestsoort met een hogere N-werking heeft geen gevolgen voor de generieke norm (die geldt voor telers die niet differentiëren). Dit komt omdat bij de afleiding van de gebruiksnormen is uitgegaan van een bepaald gebruiksniveau van varkensdrijfmest. Indien een teler een mestsoort gaat gebruiken met een hogere N-werking (bijvoorbeeld dunne fractie) daalt het overschot op zijn/haar bedrijf en kan de gebruiksnorm worden verhoogd.
  - De teler moet kunnen aantonen welke mestsoort hij heeft gebruikt en in welke hoeveelheid. Waarschijnlijk kan dat via de mestadministratie die nu al vereist is binnen het gebruiksnormenstelsel.

Naast regels in hoeverre de norm mag worden verhoogd in diverse situaties moet er een generieke norm worden afgeleid. Hierin moet een verhoogde norm bij hoge opbrengsten en/of lage Nmin-waarden zodanig zijn verdisconteerd dat dit milieutechnisch neutraal verloopt. Dit betekent dat de generieke norm bij differentiatie lager zal zijn dan in een geval zonder differentiatie. Hoe beperkter de ruimte is voor verruiming van de norm des te minder sterk hoeft de generieke norm te worden aangepast. Op basis van de spreiding in opbrengst en Nmin-voorjaar kan worden bepaald hoeveel de generieke norm verlaagd moet worden bij een bepaalde gekozen invulling van gedifferentieerde normen. Voor het opbrengstniveau en de Nmin-voorraad is dat voor het gewas consumptieaardappel geïllustreerd in Tabel 3 en 9 (zie paragraaf 3.1.1). Op een dergelijke manier zal voor elk gewas waarvoor differentiatie wordt toegestaan een verlaagde generieke norm moeten worden afgeleid.

Als meerdere factoren tegelijk worden opgenomen in een systematiek van differentiatie moet dit als geheel worden beschouwd en kunnen de afzonderlijke plussen niet zonder meer worden opgeteld:

- hogere gebruiksnorm door lage N-min voorjaar
- hogere gebruiksnorm door hoge opbrengst aardappelen
- hogere gebruiksnorm voor aardappelras uit categorie hoge gebruiksnorm

Het ligt dan voor de hand om de verruiming van de gebruiksnorm te maximaleren.



### *Voordelen*

- Dit sluit aan op de huidige systematiek van het gebruiksnormenstelsel, waarbij per gewas/situatie een van tevoren vastgestelde norm geldt.
- Bij dit systeem is geen controle achteraf nodig, van tevoren wordt vastgesteld hoe hoog de norm wordt gegeven de specifieke situatie.
- Het van tevoren vaststellen van de gebruikruimte sluit aan bij de wens van de EU om niet achteraf maar vooraf de gebruikruimte te controleren.

### *Nadelen*

- Er moeten rekenregels worden ontwikkeld om aan te geven hoe hoog de gedifferentieerde norm mag zijn in diverse situaties. Dit betreft een eenmalig inspanning bij de start, maar omdat er in een gedifferentieerd systeem meer knoppen zijn waaraan gedraaid kan worden, vereist het systeem ook meer onderhoud.
- Naast de zojuist genoemde regels vereist dit systeem een juiste instelling van de generieke norm (norm die in een gedifferentieerd systeem geldt voor bedrijven die niet differentiëren) . Deze hangt af van de mate waarin gebruik wordt gemaakt van verruiming. Het kan lastig zijn dit van tevoren goed in te schatten.
- Voor telers die gebruik maken van differentiatie zullen de administratieve lasten toenemen.
- Omdat in een dergelijk systeem wordt gewerkt met forfaits (voor opbrengsten) kan het zijn dat in specifieke bedrijfssituaties met de geboden flexibiliteit nog onvoldoende maatwerk kan worden geleverd.
- Omdat differentiatie op basis van N-leverend vermogen niet goed mogelijk is (vanwege het ontbreken van een betrouwbare indicator) kunnen zich situaties voordoen dat ook op rijkere percelen de norm wordt verruimd terwijl dat uit oogpunt van gewasbehoefte niet nodig is. Eventueel kan overwogen worden gronden met een hoog organische stofgehalte uit te sluiten (zie ook paragraaf randvoorwaarden).

### **Differentiatie met controle achteraf via resultaatverplichting**

Het hierboven beschreven systeem is gebaseerd op een aangepaste gebruiksnorm, alles wordt van tevoren vastgelegd en is er sprake van een inspanningsverplichting. Een andere insteek is om te kiezen voor een resultaatverplichting. Het resultaat van het mineralenbeleid is het voldoen aan de nitraatnorm in het bovenste grondwater. Het is echter ondoenlijk dit op grote schaal te gaan meten. Wel is het mogelijk gebruik te maken van afgeleide indicatoren zoals het N-overschot of de hoeveelheid minerale bodem-N in de herfst. Beide worden hieronder toegelicht.

### *N-overschot*

Bij dit systeem is de teler binnen bepaalde randvoorwaarden vrij om af te wijken van de generieke norm. In dit systeem staat niet de gebruiksnorm centraal maar het overschot. Na afloop van het groeiseizoen bepaalt hij/zij het N-overschot in het betreffende jaar. Deze mag een bepaalde grenswaarde niet overschrijden.

Praktisch gezien zal de balans meestal van tevoren worden opgesteld om na te gaan hoeveel ruimte er is om af te wijken van de generieke norm. Het vooraf doorrekenen van de balans kan ook als eis worden gesteld, bijvoorbeeld via een gedocumenteerd bemestingsplan met gemeten N-min-voorraad en gedocumenteerde gemiddelde opbrengsten over bijvoorbeeld de laatste 5 jaar. Hiermee worden ook vooraf garanties ingebouwd.

Feitelijk is er niet veel verschil met het systeem van vaststelling van de norm vooraf. Ook deze normen zijn afgeleid van toegestane overschotten. Wel biedt regulatie via het N-overschot wellicht wel meer kansen voor maatwerk op bedrijfsniveau.

Het overschot als controle-instrument wordt ook toegepast in het Actieprogramma van Duitsland.

### Voordelen

- Het systeem biedt maatwerk op bedrijfsniveau en geeft meer flexibiliteit dan een van tevoren vastgestelde norm, omdat het overschot hier bedrijfsspecifiek wordt bepaald.
- Een op een bedrijfsbalans gebaseerd systeem past ook goed bij eventuele differentiatie van de fosfaatgebruiksnorm naar opbrengst. In dat geval kan dat immers alleen op bouwplanniveau worden beoordeeld.

### Nadelen

- In dit systeem moet voor alle gewassen een opbrengstregistratie plaatsvinden omdat anders geen bedrijfsbalans kan worden opgesteld. In het systeem vooraf is dat alleen nodig voor die gewassen waar op basis van opbrengstniveau wordt afgeweken van de generieke norm.
- In situaties met een hoog N-leverend vermogen van de bodem is minder N nodig. Dit leidt tot een lager N-overschot waardoor er onterecht meer gebruikruimte wordt gegeven. Dit nadeel geldt overigens ook voor het systeem vooraf.
- Er vindt een controle achteraf plaats waardoor het milieurisico wat groter is.
- Het systeem is vergelijkbaar met Minas dat door Brussel is afgekeurd.
- Evenals bij vaststelling vooraf geeft dit systeem extra administratieve lasten voor de teler (o.a. met betrekking tot opbrengstregistratie).

Ter illustratie is hieronder een voorbeeld gegeven voor een akkerbouwbedrijf in het zuidoostelijk zandgebied. Het bouwplan is weergegeven in Tabel 21. In een situatie zonder differentiatie gelden de N-gebruiksnormen zoals vermeld in Tabel 21 (niveau 2012/13).

Bij dit bedrijf is vervolgens variatie aangebracht in opbrengstniveau van de gewassen en de gebruikte dierlijke mestsoort. Er is gerekend met een drietal opbrengstniveaus (gemiddeld, hoog en laag). Bij gemiddeld is uitgegaan van de waarden volgens KWIN. Bij hoog is voor alle gewassen uitgegaan van een 20% hogere opbrengst. Volgens eerder uitgevoerde opbrengstanalyses (Van Dijk et al., 2008) is dit op 20% van de percelen haalbaar. Het lage opbrengstniveau komt overeen met de 80% overige bedrijven (circa 5% lager dan gemiddeld niveau).

Bij de dierlijke mest is uitgegaan van gebruik van varkensdrijfmest of dunne fractie (beide niveau 100 kg N per ha).

Tabel 21. **Aandeel gewassen en gehanteerde opbrengstniveaus voorbeeldbedrijf Zuidoost-Nederland.**

Gewas	Aandeel in bouwplan (%)	N-gebruiksnorm (kg N/ha)	Opbrengst (ton/ha)		
			Gemiddeld	Hoog	Laag
Consumptieaardappel	25	235	50	60	48
Suikerbiet	15	145	63	76	60
Korrelmaïs	15	140	10.7	12.8	10.2
Zomergerst, korrel	10	80	6	7.2	5.7
Zomergerst, stro			3	3.6	2.9
Doperwt	10	30	5.8	7.0	5.5
Schorseneer	10	170	22	26	21
Waspeen	15	110	65	78	62

In Tabel 22 is het N-overschot weergegeven. Dit is eerst gedaan voor de generieke N-gebruiksnorm zoals vermeld in Tabel 21. Bij een gemiddeld opbrengstniveau bedraagt het overschot 72 kg N per ha (scenario Gem-GEN). Bij opbrengstniveau hoog is het overschot ruim 20 kg N per ha lager. Bij een laag opbrengstniveau is het N-overschot ruim 5 kg N per ha hoger.

Stel dat in een systeem met gedifferentieerde norm de grenswaarde bij 72 kg N per ha ligt. In dat geval kan het bedrijf met de hoge opbrengsten de kunstmestgift verhogen met ruim 20 kg N per ha (scenario Hoog-DIF). Om milieutechnisch deze ruimte te creëren moet op de bedrijven waar niet wordt gedifferentieerd de generieke gebruiksnorm worden verlaagd (scenario Laag-DIF-GEN). Deze verlaging kan worden verminderd door de grenswaarde waaronder verruiming van de gebruiksnorm wordt toegestaan te verlagen (bijvoorbeeld naar maximaal overschot van 65 of 60 kg N per ha).

Het overschot kan ook worden verlaagd door een mestsoort te gebruiken met een hogere N-werkingscoëfficiënt (NWC). In dit voorbeeld is dit gedaan door de varkensdrijfmest (NWC 70%) te vervangen door een dunne fractie met een NWC van 80%. Dit verlaagt het overschot met 10 kg N per ha (vergelijk Gem-GEN-Dunne fractie en Gem-GEN-varkensdrijfmest). Gaan we weer uit van een grenswaarde van 72 kg N per ha dan kan de kunstmestgift met 10 kg N per ha worden verhoogd (Gem-DIF-dunne fractie). Voor de bedrijven die varkensdrijfmest blijven gebruiken heeft dit geen gevolgen omdat daar het overschot gelijk blijft.

Tabel 22. **N-aanvoer, -afvoer en -overschot (kg N per ha) op bedrijfsniveau bij diverse scenario's.**

Opbrengst:	Gem	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Gem	Gem
Gebruiksnorm <sup>1</sup> :	GEN	GEN	GEN	DIF	DIF-GEN	GEN	DIF
Varkensdrijfmest (kg N/ha):	100	100	100	100	100		
Dunne fractie (kg N/ha):						100	100
<b>Aanvoer</b>							
- Organische mest	100	100	100	100	100	100	100
- Kunstmest	76	76	76	99	70	66	76
- Binding	11	11	11	11	11	11	11
<b>Afvoer</b>							
	115	138	109	138	109	115	115
<b>Overschot<sup>2</sup></b>							
	72	49	78	72	72	62	72
<b>Werkzame N</b>							
	146	146	146	169	140	146	156
<b>Overschot wz-N<sup>3</sup></b>							
	31	8	37	31	31	31	41

1 GEN = generieke norm in systeem zonder differentiatie, DIF = gedifferentieerde norm, DIF-GEN = generieken norm in gedifferentieerd stelsel

2 berekend als aanvoer met meststoffen en binding via vlinderbloemigen minus de afvoer met geogst product

3 berekend als aanvoer met werkzame N uit organische mest en kunstmest-N en binding via vlinderbloemigen minus de afvoer met geogst product

### Werkzame-N-overschot

Bovenstaand systeem leidt tot een situatie waarin de keuze van meststoffen met een hoge N-werking wordt gestimuleerd. Dit leidt tot lagere N-verliezen, maar op de langere termijn ook tot een lagere bodemvruchtbaarheid (N-levering). Het gebruik van bijvoorbeeld compost (eerstejaars N-werking 10%) zou hiermee worden ontmoedigd terwijl dit uit oogpunt van handhaving van bodemvruchtbaarheid gunstig zou zijn. Een alternatief zou kunnen zijn om bij de berekening van het N-overschot niet de totale hoeveelheid N uit organische mest mee te tellen maar alleen het werkzame deel. In Tabel 22 is dit overschot eveneens weergegeven (overschot wz-N). Wanneer varkensdrijfmest wordt vervangen door dunne fractie daalt het totale N-overschot en blijft het werkzame-N-overschot gelijk. Doordat de gift aan werkzame N gelijk blijft, heeft de meststofkeuze geen consequenties voor het overschot aan werkzame N op de korte termijn (binnen groeiseizoen). De effecten op de langere termijn (lot van de niet-werkzame N) blijven bij deze benadering buiten beeld. Een deel van deze N, de N die in latere jaren mineraliseert gedurende het groeiseizoen, zal worden benut door het gewas mits hiermee bij de N-bemesting rekening wordt gehouden. Het deel dat vrijkomt buiten het groeiseizoen zal voor een belangrijk deel uitspoelen.

### *Minerale bodem-N in de herfst*

Bij deze optie wordt in geval van differentiatie (afwijking van de generieke norm) in de herfst de hoeveelheid minerale bodem-N gemeten. Deze mag een bepaalde grenswaarde niet overschrijden. Evenals bij het N-overschot zal ook in dit systeem de generieke norm lager moeten zijn dan in een systeem zonder differentiatie. Immers, vooral telers met relatief lage N<sub>min</sub>-waarden (hoge opbrengsten, lage N-bodemlevering) zullen meer gaan bemesten waardoor de totale milieubelasting zal gaan stijgen. Deze verlaging van de generieke norm kan worden beperkt indien de toegestane grenswaarde voor de N<sub>min</sub> in de herfst wordt verlaagd (minder telers zullen dan gebruik maken van differentiatie).

### Voordelen

- Via meting van de N<sub>min</sub>, herfst wordt ook rekening gehouden met het N-leverend vermogen van de bodem. Bij een rijke bodem zal er meer N<sub>min</sub> achterblijven waardoor er in dat geval minder snel zal worden afgeweken van de generieke norm.
- Voor de overheid is er naast de N<sub>min</sub>-meting geen extra controle nodig (op opbrengstniveau e.d.). Ook de teler hoeft niet een dergelijke registratie bij te houden. Ijkpunt is slechts de hoeveelheid minerale bodem-N die in de herfst achterblijft.

### Nadelen

- Er worden extra kosten gemaakt voor het uitvoeren van de N<sub>min</sub>-metingen. Ook vanuit de overheid zal een systeem van registratie en controle op N<sub>min</sub> nodig zijn.
- Gebleken is dat de stuurbaarheid op N<sub>min</sub> najaar niet altijd even goed is. Dit maakt het minder geschikt, omdat een goed management zich niet altijd vertaalt in een lage N<sub>min</sub>-voorraad.
- Anders dan het N-overschot betreft de N<sub>min</sub>-meting vooral een momentopname. In een situatie waarin bijvoorbeeld veel gewasresten op het land achterblijven zal dit niet volledig zijn verdisconteerd in de N<sub>min</sub>. Ook kan door veel neerslag in de (na)zomer een deel van de N al zijn uitgespoeld. Verder kan de N<sub>min</sub> tussen jaren fluctueren. Met dat laatste kan eventueel rekening worden gehouden door gebruik te maken van referentiepercelen.

Op dit moment wordt in Vlaanderen en Duitsland ook gebruik gemaakt van de N<sub>min</sub>-metingen in de herfst.

## 4.2 Randvoorwaarden

Om een systeem van gedifferentieerde gebruiksnormen extra te borgen kunnen aanvullende randvoorwaarden worden gesteld voor het afwijken van de generieke norm. Hierbij kan worden gedacht aan:

- Het laten opstellen van een bemestingsplan waarin rekening wordt gehouden wordt met diverse correctieposten op het standaard advies: N-min voorjaar, opbrengst, organische stof/stikstofnalevering, ras, teelwijze, profiel/structuur, calamiteiten. Eventueel in combinatie met borging van noodzaak door toepassen van geleide bemesting.
- Het laten bepalen van de hoeveelheid minerale bodem-N in het voorjaar op percelen waar overwogen wordt om af te wijken van de generieke norm.
- Geen verruiming van de norm na het scheuren van grasland of luzerne of op percelen waar in het voorgaande jaar bietenblad is ingewerkt.
- Geen verruiming van de norm op percelen met hoge organische stofgehalten. Hoewel dit logisch lijkt, is zoals eerder aangegeven, het verband tussen organische stofgehalte en mineralisatie niet altijd duidelijk. Het is dan lastig een juiste grens te trekken.
- Sluitende opbrengstadministratie.

## 4.3 Conclusie

Globaal kunnen drie systemen worden onderscheiden: het van tevoren vaststellen van een gedifferentieerde norm (inspanningsverplichting) of een systeem met gedifferentieerde normen met controle achteraf via het N-overschot of via bepaling van de hoeveelheid minerale bodem-N in de herfst (resultaatverplichting).

Bij het eerste systeem wordt voor elk element van differentiatie (bijvoorbeeld opbrengstniveau, voorraad minerale bodem-N in het voorjaar, omvang en soort mestgebruik) van tevoren bepaald hoeveel extra de generieke gebruiksnorm mag worden verruimd. Belangrijke voordeel is dat het goed aansluit bij het huidige stelsel, waarbij per gewas/situatie een van tevoren vastgestelde norm geldt.

Een alternatief is een systeem waarbij achteraf, hetzij via het N-overschot of via een meting van de hoeveelheid minerale N in het najaar, wordt gecontroleerd of afwijking van de generieke norm terecht is geweest. Voordeel van dit systeem is dat het meer maatwerk biedt op bedrijfsniveau. Controle via het bedrijfsoverschot betekent wel dat voor alle gewassen een sluitende opbrengstregistratie moet plaatsvinden. Bij controle via een N<sub>min</sub>-meting in de herfst zijn er naast de N<sub>min</sub>-meting zelf geen verdere inspanningen nodig. Nadeel is dat de hoeveelheid N<sub>min</sub> in vergelijking met het N-overschot meer aan variatie onderhevig is en de extra kosten die zijn verbonden aan de metingen en de handhaafbaarheid.



## 5 Referenties

- Anonymus, 2009. Advies fritesrassen en aardappelrassen met een hoge en lage stikstofnorm. Commissie Deskundigen Meststoffenwet.
- Berge, H.F.M., W. van Dijk, S.L.G.E. Burgers, J.R. van der Schoot & J.J. Schröder, 2011. Do higher crop yields justify higher nitrogen application rates? In preparation.
- De Ruijter, F.J., P.W.A.M. Brooijmans, P. Wilting, A.W.M. Huijbregts, J.F.M. Raap & W.J. Corré, 2009. Afvoer en vergisting van bietenloof. Burostudie naar de effecten op nutriënten, emissies en energie. Plant Research International, Rapport 241, Wageningen.
- De Ruijter, F.J. & R. Postma, 2004. Afvoer van gewasresten ter beperking van stikstofverliezen. Bureaustudie naar de effecten op de stikstofbalans, mineralisatie en organische stof. Rapport Telen met Toekomst, Plant Research International B.V., Wageningen.
- De Ruijter, F.J. & A.L. Smit, 2007. Het lot van stikstof uit gewasresten. Plant Research International, Rapport 133, Wageningen.
- Ehlert, P.A.I., J.C. van Middelkoop & P.H.M. Dekker, 2006. Fosfaatafvoer en fosfaatgehalten van landbouwgewassen. Alterra, rapport nr. 1348, 92 pp.
- Fraters, B., L.J.M. Bouwman & T.C. van Leeuwen, 2007. De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, RIVM-rapport 680716002.
- Neeteson, J.J., 1990. Development of nitrogen fertilizer recommendations for arable crops in the Netherlands in relation to nitrate leaching. Fertilizer Research 26, 1-3, 291-298.
- Postma R., S. Smits & A. Veeken, 2009. Compostering van gewasresten van vollegronds-groentegewassen. NMI, rapport 1101-II, Wageningen.
- Radersma, S., W.C.A. van Geel, C. Grashoff, G.J. Molema & N.S. van Wees, 2004. Geleide bemesting in de open teelten: Ontwikkeling van systemen. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 334.
- Ros G.H., E.J.M. Temminghoff & E. Hoffland, 2011. Nitrogen mineralisation - a meta-analysis on the predictive value of soil tests. European Journal of Soil Science 61(1) pp. 162-173.
- Schoumans, O.F., 2007. Trend in het verloop van de fosfaattoestand van landbouwgronden in Nederland in de periode 1998-2003. Wageningen, Alterra, Alterra rapport nr. 1537, 38 pp.
- Schoumans, O.F., A.M. Keessen, H. Runhaar, H. van Rijswijk, P. Driessen, O. Oenema & K. Zwart, 2010. Gebiedsgerichte uitwerking Nitraatrichtlijn. Mogelijkheden en beperkingen. Alterra-rapport 2062.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems, 2004. Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Plant Research International, rapport nr. 79, Wageningen, 60 pp.
- Van der Schoot, J.R. & W. van Dijk, 2000. N/P-afvoer bij akkerbouw en vollegronsgroentegewassen. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, projectrapport, Lelystad.

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. & G. Brouwer, 1998. Nitrogen recovery and dry matter production of silage maize (*Zea Mays* L.) as affected by subsurface band application of mineral nitrogen fertilizer. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 46, p. 139-155.

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. Verkenning van noodzaak en mogelijkheden tot differentiatie. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 367, 88 pp.

Van Dijk, W. & W.C.A. van Geel, 2010. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Website [www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl).

Van Dijk, W. & J.J. Schröder, 2007. Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouw op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, publicatie nr. 371, 78 pp.

Van Geel, W.C.A., 2000. Geen meerwaarde polyfosfaat. PAV-buletin akkerbouw, april 2000, p.38-41.

Van Geel, W.C.A., 2008. Effect verlaging gebruiksnorm en afvoer gewasresten op de nitraatuitspoeling; Deelonderzoek voor Telers Mineraal Paraat uitgevoerd in 2005-2007 binnen project Nutriënten Waterproof. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector AGV, PPO-nr. 32500181, Lelystad.

Velthof G.L., O. Oenema & L.A. Nelemans, 2002. Vergelijking van indicatoren voor stikstofmineralisatie in bouwland. *Meststoffen* 2000. p. 45-52.

Velthof G.L., 2003. Relaties tussen mineralisatie, denitrificatie en indicatoren voor bodemkwaliteit in landbouwgronden, Alterra-rapport 769, Sturen op Nitraat rapport nr. 6, 38 pp.

Whitmore, A.P., 1999. Evaluating the nitrogen supplying power of soils in field cropping systems. Research Institute for Agrobiolgy and Soil Fertility, AB-DLO note 186. Wageningen.

Zwart, K., A. Pronk & L. Kater, 2004. Verwijderen van gewasresten in de open teelten. Een deskstudie naar de effecten op de bodemvruchtbaarheid en de mogelijke verwerking van gewasresten in het kader van het project Nutriënten Waterproof, LNV - programma's systeeminnovatie open teelten (400-I en 400-III). PPO rapport 530133, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad.



## Bijlage 1. Het N-leverend vermogen: indicatoren

### *Inleiding*

Er zijn vele kandidaat-parameters die kunnen worden gebruikt voor een voorspelling van de actuele N-mineralisatie onder veldomstandigheden. De volgende indeling in methoden kan worden gemaakt:

1. Fysische scheidingsmethoden.
2. Biologische methoden.
3. Rekenregels en/of rekenmodellen.
4. Chemische extractiemethoden, waarbij verschillende N-fracties kunnen worden bepaald.

Fysische scheidingsmethoden maken onderscheid tussen fracties in organische stof op basis van het soortelijk gewicht en/of de deeltjesgrootte. Het principe is gebaseerd op de veranderingen die optreden bij de omzetting van organisch materiaal, nadat het op of in de grond terechtkomt. Het idee is dat organisch materiaal nadat het op of in de grond terechtkomt in toenemende mate is geassocieerd met bodemdeeltjes, waardoor het soortelijk gewicht toeneemt (Hassink, 1995). Vaak wordt aangenomen dat de N-mineralisatie vooral wordt bepaald door de omvang van de lichte fractie. Overigens vonden Zwart et al. (1999) geen duidelijke relatie tussen de lichte fractie en de N-mineralisatie in gronden in de tuinbouw.

De biologische methoden bestaan veelal uit een bepaling van de potentiële N-mineralisatie met incubatiemethoden onder gestandaardiseerde omstandigheden (temperatuur en vocht constant). In het algemeen wordt in deze studies gewerkt met gehomogeniseerde, gedroogde en gezeefde grond, waardoor sprake is van een flinke verstoring van de bodemstructuur (Hart et al., 1994). Er wordt onderscheid gemaakt naar kortdurende (enkele uren/dagen) en langdurende incubaties (enkele maanden), die onder aërobe of anaërobe omstandigheden worden uitgevoerd.

Nadeel van de fysische en biologische bepalingen is dat ze bewerkelijk zijn en/of te lang duren voor een routinematige bepaling, waardoor ze niet praktisch en te duur zijn voor de agrarische praktijk.

Reken- of simulatiemodellen voor het voorspellen van de mineralisatie van N vanuit organische stof integreren de kennis die aanwezig is over de omzettingsprocessen en de factoren die daarop van invloed zijn. De resultaten van de hiervoor beschreven (incubatie-) experimenten worden in het algemeen gebruikt voor het opstellen van eenvoudige modellen (exponentieel of dubbel-exponentieel; Cabrera et al., 1994). Om op basis van deze studies de N-mineralisatie in het veld te voorspellen zijn correcties voor temperatuur en vocht nodig. De invloed van temperatuur en vocht op N-mineralisatie is door diverse onderzoekers uitgebreid onderzocht (Cabrera et al., 1994).

Daarbij worden in de meeste modellen de organische stof in meerdere onderdelen opgedeeld, met verschillende eigenschappen en afbreekbaarheid.

Voor veel simulatiemodellen geldt dat er voor invoerparameters waar de modellen mee rekenen geen goede of praktische toepasbare meetmethoden beschikbaar zijn, wat de bruikbaarheid in de praktijk sterk beperkt.

- eenvoudige rekenmodellen met weinig invoerparameters en beperkte invloed van omgevingsfactoren, bijv. MINIP (combinatie van % organische stof en C:N ratio en temperatuurverloop)
- Dynamische complexe simulatiemodellen op basis van karakterisatie organische stof en omgevingsfactoren
- Dynamische complexe simulatiemethoden op basis van karakterisatie van bodemleven en omgevingsfactoren

Chemische extractiemethoden voor het karakteriseren van de organische stof en mogelijk voor het voorspellen van de N-mineralisatie. Extractiemethoden voor N kunnen worden ingedeeld in sterke, matig sterke en zwakke extractiemethoden, waarbij de sterke extractiemethoden correleren met N-totaal en de zwakke met N-mineraal en gemakkelijk oplosbare organische N-fracties (Stanford, 1982).

De hiervoor genoemde methoden worden in het ideale geval getoetst en gecalibreerd aan de hand van metingen aan de actuele N-mineralisatie in het veld. Volgens Schepers & Meisinger (1994) is het meten van de N-opname door het gewas op een onbemest perceel de beste methode voor het afleiden van de actuele

N-mineralisatie onder veldomstandigheden. Het voordeel van deze methode is dat alle factoren die van invloed zijn op de N-mineralisatie zijn geïntegreerd. Aangezien het uiteindelijk vaak de bedoeling is om vast te stellen hoeveel N er door mineralisatie beschikbaar komt voor het gewas, heeft deze methode aanvullend het voordeel dat geen aannames nodig zijn ten aanzien van de beworteling, omdat alleen de gemineraliseerde N die door het gewas is opgenomen wordt gemeten. Een nadeel van deze methode is dat er andere aanvoerposten van N zijn, waardoor het beeld wordt verstoord. Het betreft de aanvoer met depositie, irrigatie/beregening en capillaire opstijging, meststoffen en/of gewasresten. Hiervoor moet worden gecorrigeerd. Daarnaast kunnen er ook nog N-verliezen optreden door bijvoorbeeld uitspoeling, denitrificatie en/of ammoniakvervluchtiging (Whitmore, 1999). Opgemerkt moet worden dat N-bemesting in het recente verleden de N-mineralisatie kan beïnvloeden door invloed op de hoeveelheid gewasresten en de kwaliteit van de organische stof (C/N-ratio).

Andere methoden voor het bepalen van de actuele N-mineralisatie onder veldomstandigheden zijn gericht op metingen in grond zonder gewas (Scheppers & Meisinger, 1994) met behulp van

- afgedekte braakplotjes;
- niet-afgedekte braakplotjes;
- intacte grondkolommetjes; en
- ingegraven mineralisatiezakjes (met ongestoorde grondkolommetjes (Hart et al., 1994) of gehomogeniseerde grond).

### ***Chemische extractiemethoden als indicator voor N-mineralisatie***

Chemische extractiemethoden zijn relatief goed hanteerbaar en werkbaar en er is om die reden veel onderzoek naar gedaan. Hierbij gaat het om indicatoren zoals:

- N-totaal of N-totaal organisch;
- N-min;
- DON (Dissolved Organic N) is de N-organisch in oplossing, geëxtraheerd met 0,01 M CaCl<sub>2</sub>;
- Hot Water Carbon;
- Hot Water Nitrogen;
- Hot KCl-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

N-totaal is de totale hoeveelheid N in de bodem. De hoeveelheid N-totaal-organisch is daarbij nagenoeg gelijk aan N-totaal, aangezien N-mineraal slechts maximaal enkele procenten van N-totaal uitmaakt. De totale hoeveelheid organisch gebonden N in Nederlandse bouwlandgronden varieert van 5.000-15.000 kg N ha<sup>-1</sup>, in afhankelijkheid van het organische stof gehalte en de C:N ratio van de organische stof. Voor grasland wordt het N-leverend vermogen afgeleid van N-totaal, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen klei, zand en veen.

Nmin ofwel de N die in minerale vorm aanwezig is, geëxtraheerd met 0,01 M CaCl<sub>2</sub>. Aangezien N nauwelijks wordt ingebouwd in minerale verbindingen is deze N nagenoeg geheel in opgeloste vorm aanwezig als NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. In het huidige adviesbasis voor akkerbouw wordt gebruik gemaakt van de hoeveelheid Nmin in het voorjaar om de hoeveelheid N die direct in de bodem beschikbaar is te kwantificeren. Daarnaast wordt de Nmin-voorraad via een vermenigvuldigingsfactor gebruikt als maat voor de verwachte N-mineralisatie, die in de loop van het seizoen in de bodem beschikbaar kan komen. De hoeveelheid Nmin in het voorjaar is voor een deel het resultaat van de mineralisatie in de voorgaande periode, en zou als zodanig een indicatie kunnen vormen van het N-leverend vermogen. Omdat er echter ook nog veel andere factoren van invloed zijn op Nmin in het voorjaar (vooral uitspoeling in de winterperiode) kan aangenomen worden dat Nmin een onzuivere schatter is voor N-mineralisatie. Enkele factoren zijn bijvoorbeeld de temperatuur in voorgaande periode, de regenval en de daarmee gepaard gaande uitspoeling en/of denitrificatie.

DON of opgelost organisch N is de hoeveelheid N in organische vorm, die wordt berekend door het verschil tussen de hoeveelheid N-totaal-opgelost in 0,01 M CaCl<sub>2</sub> en de hoeveelheid Nmin. Aan deze parameter is in Nederland veel onderzoek verricht. Daarbij werd er van uit gegaan dat de hoeveelheid DON een goede indicatie zou geven van de hoeveelheid makkelijk te mineraliseren N en daarmee voor het NLV van een groeiseizoen.

De totale hoeveelheid N in oplossing zoals gemeten in 0,01 M CaCl<sub>2</sub> (N<sub>min</sub> + DON) maakt circa 0,3-0,5 procent (Appel, 1998) of minder dan 3,5 procent (Reijneveld & Van Erp, 1997) van N-totaal uit.

HWC Hot Water Carbon, de hoeveelheid koolstof in grond die gedurende 16 uur bij 80 °C in water oplost en geëxtraheerd wordt met 2 M KCl. Dit is een veelgenoemde indicator voor bodemkwaliteit en kwaliteit van organische stof. Het wordt gebruikt voor een schatting van de hoeveelheid C die afgebroken kan worden. Deze hangt samen met de hoeveelheid N die door mineralisatie beschikbaar kan komen, maar hoeft daarmee niet in alle gevallen gelijk te zijn. Dit is onder meer afhankelijk van de C:N ratio, die ook de immobilisatie van N in de microbiële biomassa bepaalt. Stro levert bijvoorbeeld wel een voorraad makkelijk afbreekbaar C maar nauwelijks N.

CWC Cold Water Carbon. Voorafgaand aan de HWC incubatie wordt de grond 30 minuten geschud met koud water, gevolgd door centrifugeren. Het supernatant wordt afgegoten en gefiltreerd, hierin wordt het C-gehalte bepaald.

HWN Hot Water N, bepaald met dezelfde extractiemethode als HWC. Het is een minder gebruikelijke methode, maar levert in combinatie met HWC mogelijk een betere benadering van het N-leverend vermogen dan enkel HWC.

CWN Cold Water N, is vergelijkbaar met Cold Water Carbon, maar in dit geval wordt het N-gehalte bepaald.

Hot KCl-NH<sub>4</sub> is de hoeveelheid N die geëxtraheerd wordt in 1,7-2 M KCl gedurende 4 uur bij 100 °C.

De ISTN (Illinois Soil Test Nitrogen) die is gebaseerd op een bepaling van aminosuiker-N, wordt in het Noordwesten van de VS gepresenteerd als een verbeterde methode voor het vaststellen van het N-leverend vermogen (Williams et al., 2007). Het wordt vooral gebruikt als indicatie voor de toestand waarbij er geen respons op N-bemesting te verwachten valt. Onduidelijk is nog hoe goed het werkt als voorspeller van de potentiële N-mineralisatie. Laboski et al. (2008) vonden een sterke correlatie tussen ISTN en het gehalte organische stof in de bodem. Op basis van een eigen dataset en data uit andere studies concluderen zij dat de ISTN niet zozeer de makkelijk mineraliseerbare fractie weergeeft als wel een constante fractie van N-totaal.

### ***Overzicht van proeven naar N-totaal en DON***

In Nederland en het nabije buitenland (vooral Duitsland) is er in het onderzoek naar chemische extractiemethoden die als indicator voor N-mineralisatie kunnen dienen vooral veel aandacht besteed aan N-totaal en DON (organisch N, opgelost/geëxtraheerd in 0,01 M CaCl<sub>2</sub>). Een overzicht van proeven is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5-1 **Overzicht van proeven waarin de relatie tussen Norg in 0,01 M CaCl<sub>2</sub> en N-totaal enerzijds en de N-mineralisatie vastgesteld in incubatie-, pot- of veldexperimenten anderzijds is onderzocht (uit van Dijk et al. 2009).**

Parameter	R <sup>2</sup> , %	type proef	bodemtype	bron	bijzonderheden
Norg	46-78	incubatieproef	8 gronden; klei,	Neeteson et al., 1994;	maart, juni, oktober 1989; maart
Ntotaal	11-58	f 12 weken	zavel, zand	Groot & Houba, 1995	1990 akkerbouw, meerdere bodemplagen
Norg	79	incubatieproef f 2 weken	25 gronden	Werner & Siepen, 1995	maisland; Duitsland
Norg	86	incubatieproef	10 gronden; klei,	Appel, 1998	bouwland, Duitsland
Ntotaal	43	f	zavel, zand		
Norg	64-77	potproef	20 gronden; klei,	Mengel et al., 1999	vnl. akkerbouwgronden; potproef
N-totaal	56-70	20 weken	zavel, zand		met gras; Duitsland
Norg	64	potproef	16 gronden	Nunan et al., 2001	vnl. akkerbouwgronden; gerst;
N-totaal	23	8 weken			lerland
Norg	70	veldproeven	25 locaties	Werner & Siepen 1995	maisland met nulveldjes; Duitsland

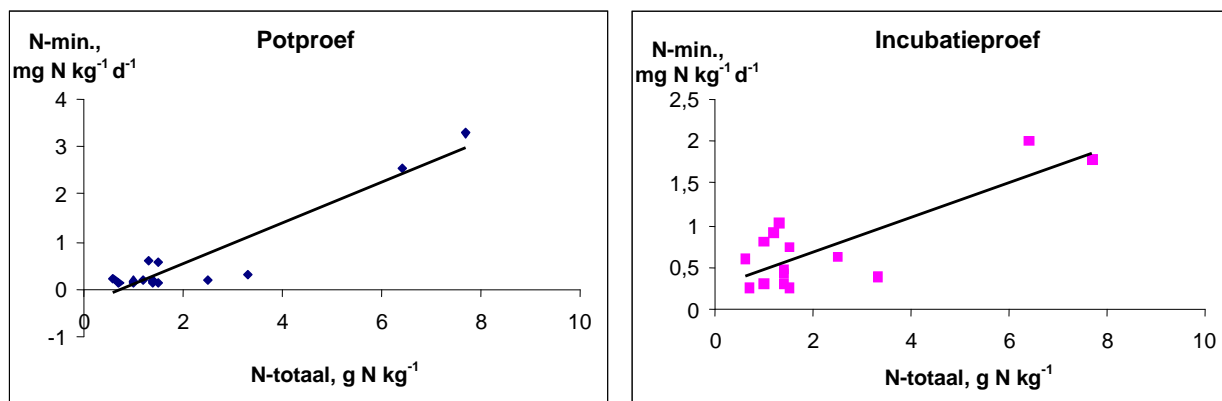
Meer recent is er aanvullend onderzoek uitgevoerd waarbij ook andere indicatoren zijn onderzocht.

Velthof et al. (2002) vergeleken verschillende indicatoren voor N-mineralisatie in bouwland in zowel een potproef als een incubatieproef. Beide proeven werden uitgevoerd met gedroogde en gezeefde grond. Bij de potproef werd de N-opname door raaigras gedurende 10 weken als maat voor de N-mineralisatie genomen. De incubatieproef werd uitgevoerd met polyethyleenzakjes bij 20 °C gedurende 8 weken, waarbij de N-mineralisatie werd berekend uit het verschil in N<sub>min</sub> tussen aanvang en einde proef. Zowel DON, Hot KCl als N-totaal konden een groot deel van de gevonden variatie in N-mineralisatie verklaren, waarbij DON het zowel in de potproef als de incubatieproef beter deed dan Hot KCl en N-totaal (Tabel 5-2).

Tabel 5-2 **Percentage verklaarde variantie (R<sup>2</sup>) van een aantal indicatoren als voorspeller van de N-mineralisatie in 15 grondmonsters van bouwland in Nederland (Velthof et al., 2002).**

Parameter	R <sup>2</sup> , %	type proef	bodemtype	bijzonderheden
Norg	79	incubatieproef	15 gronden; klei,	vnl. bouwland, Nederland.
Hot KCl	56	8 weken	zavel, zand, veen	
N-totaal	58			
Norg	85	potproef	15 gronden; klei,	vnl. bouwland, Nederland.
Hot KCl	79	10 weken	zavel, zand, veen	
N-totaal	66			

Bij het plotten van de gemiddelde data zoals gegeven in Velthof et al. (2002) valt op dat de richting van de regressielijn sterk bepaald wordt door de twee hoogste waarden, afkomstig van de twee veengronden (Figuur 5-1). Indien deze twee buiten beschouwing worden gelaten is de gevonden relatie minder evident. Dit geldt overigens ook voor de indicatoren DON en Hot KCl.



Figuur 5-1 **Relatie tussen het N-totaalgehalte in de bouwvoor en de N-mineralisatiesnelheid die is afgeleid uit een potproef en een incubatieproef (Velthof et al., 2002).**

Velthof (2003) heeft in een groot aantal bodemmonsters (476!) afkomstig van bouwland, grasland en maïsland de relatie tussen een aantal bodemparameters en de hoogte van de potentiële N-mineralisatie vastgesteld. De potentiële N-mineralisatie werd bepaald door grond te incuberen in polyethyleenzakjes gedurende 4 weken bij 20 °C. Het percentage verklaarde variantie ( $R^2$ ) lag tussen 1 en 61 wanneer de N indicatoren gebruikt werden op de gehele set (Tabel 5-3). Dit werd verhoogd bij het uitvoeren van een meervoudige regressie, waarbij naast N-totaal ook rekening werd gehouden met bodemgroep, gewasgroep en grondwatertrap. Opvallend is dat bodemgroep (Löss, zand met hoog % organische stof, Zand met relatief hoog % organische stof en een hoog leemgehalte, Zand overig), gewasgroep (Bouwland, maïsland, grasland) en grondwatertrap zelf al een aanzienlijk percentage variantie verklaren, gezien de  $R^2$  van C-totaal enkelvoudig en meervoudig.

Tabel 5-3. **Percentage verklaarde variantie ( $R^2$ ) van een aantal indicatoren als voorspeller van de N-mineralisatie in 476 grondmonsters van grasland, maïsland en bouwland in Nederland (Velthof, 2003).**

Parameter	$R^2$ , %		type proef	bodemtype	bijzonderheden
	enkelvoudig	meervoudig			
DON	61	72	incubatieproef	476 gronden; zand en löss	gras-, maïs- en bouwland; Nederland
N-totaal	13	63	4 weken		
Hot KCl-NH <sub>4</sub>	29	63			
C totaal	1	59			
C:N ratio	13	55			

Zwart (2003) voerde een incubatieproef uit met grond afkomstig van maïs en grasland van proefbedrijf De Marke. Het betrof veldvochtige grond uit de bodemlaag 0-30 of 30-60 cm, die gedurende 12 weken werd geïncubeerd in zuurstofdoorlatende polyethyleenzakjes bij 20°C. De (potentiële) N-mineralsatiesnelheid is vervolgens vergeleken met aantal bodemparameters. De  $R^2$  voor alle monsters tezamen is gegeven in Tabel 5-4. Hierbij werd geen verbetering gevonden bij uitvoeren van meervoudige regressie. Wanneer de resultaten van de monsters van grasland en maïsland en verschillende bodemlagen apart worden uitgezet is de correlatie beduidend lager, maar hiervoor werd geen  $R^2$  gegeven.

Tabel 5-4. **Percentage verklaarde variantie ( $R^2$ ) van een aantal indicatoren als voorspeller van de N-mineralisatie in grondmonsters van maïsland en grasland van proefbedrijf De Marke in Nederland (Zwart, 2003).**

Parameter	$R^2$ , %	type proef	bodemtype	bijzonderheden
DON	31	incubatieproef 12	zandgrond afkomstig	maïs- en grasland, Oost Nederland
N-totaal	59	weken	van de 0-30 en 30-60	
Hot KCl NH <sub>4</sub>	42	veldvochtige grond	cm bodemlaag van proefbedrijf De Marke	
C totaal	n.g.			

Sharifi et al. (2007) vergeleken een serie indicatoren voor N-mineralisatie in een aerobe incubatieproef. De 153 grondmonsters afkomstig uit bouwland van 17 verschillende locaties (VS en Canada) met uiteenlopende bodemtypes, management en klimaatzones werden geïncubeerd bij 25°C in kolommen, en elke 2 weken doorgespoeld met 0,01 M CaCl<sub>2</sub> oplossing waarin N-mineraal werd gemeten. Hieruit werd de potentiële N-mineralisatie berekend met een 1<sup>e</sup> orde exponentieel model.

Naast N-totaal-organisch en Hot KCl zijn de onderzochte methoden in Nederland ongebruikelijk: KCl-N (KCl-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en KCl-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (extractie met 1,7 M KCl), Hot KCl (extractie gedurende 4 uur met 2 M KCl bij 100 °C), NaHCO<sub>3</sub>-205 en -260 (UV absorptie bij 205 of 260 nm na extractie met 0,01 M NaCO<sub>3</sub>), ISTN (Illinois soil test nitrogen, bepaling van aminosuiker-N), NaOH-DD (directe distillatie met NaOH 50%), PBN (directe distillatie met fosfaat-boraat buffer). De hoogste correlatie werd gevonden voor NaCO<sub>3</sub> ( $R^2=0,74$ ), N-totaal organisch, ( $R^2=0,67$ ), NaOH-DD ( $R^2=0,61$ ) (Tabel 5-5). Opgemerkt werd dat de hoge correlatie van NaCO<sub>3</sub> mogelijk beïnvloed werd door het lage aandeel kleigronden in de proef; in eerder uitgevoerd onderzoek bleek dat de correlatie tussen NaCO<sub>3</sub> en N-mineralisatie voor kleigronden lager was dan voor zandgronden.

Tabel 5-5. **Percentage verklaarde variantie ( $R^2$ ) van een aantal indicatoren als voorspeller van de N-mineralisatie in 153 grondmonsters van bouwland in de VS en Canada (Sharifi et al., 2007) (voor afkortingen zie tekst).**

Parameter	$R^2$ , %	type proef	bodemtype	Bijzonderheden
NaHCO <sub>3</sub> -260	74	incubatieproef met kolommen, Potentiële	vnl. zand en zavel	bodems uit VS en Canada
NaOH-DD N	61	N-mineralisatie		
ISTN	51	berekend met 1 <sup>e</sup>		
NaHCO <sub>3</sub> -205	47	orde exponentiële		
HKCl <sub>hvd</sub>	46	relatie		
Hot KCl	26			
PBN <sub>hvd</sub>	13			
PBN	11			
C totaal	60			
N totaal	67			
Klei	46			

Curtlin et al. (2007) onderzochten de prestaties van verschillende indicatoren voor het voorspellen van de N-mineralisatie in een potproef met 30 gronden van zowel grasland als bouwland (Nieuw Zeeland). De N-mineralisatie werd berekend uit de N-opname door haver gedurende 20 weken bij een dag/nacht-temperatuur 18/12°C. Aanvullende werd er ook een aerobe incubatie uitgevoerd bij 20°C gedurende 28 dagen en een anaerobe incubatie bij 40°C gedurende 7 dagen (PMN, Potentially Mineralisable N). De N-opname door het gewas kon voor 50% verklaard worden uit HWN. Andere metingen zoals N-totaal en Hot KCl deden het aanzienlijk slechter met 16 en 24% verklaarde variantie.

Tabel 5-6 **Percentage verklaarde variantie ( $R^2$ ) van een aantal indicatoren als voorspeller van de N-mineralisatie in 30 grondmonsters van grasland en bouwland in Nieuw Zeeland (Curtlin et al., 2007).**

Parameter	$R^2$	type proef	bodemtype	bijzonderheden
HWN	50	potproef, N-mineralisatie afgeleid van N-opname in	sedimentair en vulkanische afzettingen	grasland en bouwland (Nieuw Zeeland)
N-totaal	16	opname in		
Hot KCl	24	potproef 20 weken.		
Aerobe incubatie	80			
PMN	32			

Hanegraaf et al (2009) onderzochten verschillende indicatoren voor een schatting van de N-mineralisatie onder grasland. Daartoe werd de N-opname van 20 onbemeste graslandpercelen vergeleken met een aantal indicatoren, namelijk N-totaal, DOC, HWC, PMN. In onderstaande tabel is de relatie weergegeven tussen de N-opname van drie opeenvolgende snedes grasland en de waarde van de indicatoren in een grondmonster genomen ten tijde van de 1<sup>e</sup> snede (Tabel 5-7).

Tabel 5-7. **Percentage verklaarde variantie ( $R^2$ ) van een aantal indicatoren als voorspeller van de N-mineralisatie in grondmonsters van 20 graslandpercelen in Nederland (Hanegraaf et al., 2009).**

Parameter	$R^2$	type proef	bodemtype	bijzonderheden
DOC	17	Veldproef; onbemeste velden op graslandpercelen	zand	N-mineralisatie geschat uit N-opname van eerste 3 snedes onbemest graslandperceel
N-totaal	58			
HWC	49			20 percelen
PMN	22			

Smit & Velthof (2010) onderzochten de N-mineralisatie in ongestoorde bodemkolommen gedurende 12 weken bij 20 °C. De proef omvatte 42 bodemmonsters afkomstig van grasland. Deze werden overgebracht naar potten in een kas, en het gras werd doodgespoten. De proef startte 2 weken na het doodspuiten van het gras. Er was geen significant verschil in mineralisatiesnelheid tussen klei of zand. De relatie tussen de indicatoren en N-mineralisatie was in het algemeen beter voor de klei- dan voor de zandgronden. De beste indicatoren voor de hele dataset waren N-totaal, C-totaal, DOC en hot-KCl-NH<sub>4</sub>, waarbij opgemerkt moet worden dat het percentage verklaarde variantie voor alle indicatoren als laag beschouwd kan worden (<50%), en voor zand zelf als zeer laag (Tabel 5-8). Er trad geen verbetering op als er een multiple (meervoudige) regressie werd uitgevoerd met bodemtype of textuurklasse als aanvullende parameters.

Tabel 5-8. **Percentage verklaarde variantie ( $R^2$ ) van een aantal indicatoren als voorspeller van de N-mineralisatie in 42 grondmonsters van grasland in Nederland (Smit en Velthof, 2010).**

Parameter	$R^2$ , % Klei	$R^2$ , % zand	$R^2$ , % alles	type proef	bodemtype	bijzonderheden
DON	38	n.s.	32	incubatieproef ongestoorde grondkolommen;	zand en klei	mineralisatie in grasland, Nederland
N-totaal	66	28	50	12 weken veldvochtige grond		
DOC	52	16	38			
C totaal	59	22	48			
C:N ratio	67	n.s.	17			
Hot KCl NH <sub>4</sub>	59	24	47			

Dekker et al. (2008) en Van Schooten et al. (2008) hebben gezocht naar indicatoren voor N-mineralisatie na het scheuren van grasland. Dit vanwege het EU-besluit over derogatie, waarin is vastgelegd dat er na het scheuren van grasland bemest moet worden op basis van grondonderzoek. Als indicatoren voor N-mineralisatie zijn N-totaal, Hot KCl en DON onderzocht.

Geen van de onderzochte indicatoren bleek een goede, betrouwbare schatting van de N-mineralisatie te geven. N-totaal gaf de hoogste  $R^2$ , maar het percentage verklaarde variantie kwam ook in dat geval niet boven de 25%. Deze situatie is niet representatief voor de gemiddelde situatie in de akkerbouw, omdat het scheuren van grasland een bijzondere situatie vormt. Na het scheuren van grasland komen grote hoeveelheden organische stof beschikbaar voor decompositie, wat enorme fluxen en een hoge N-mineralisatie tot gevolg kan hebben.

Ros et al. (2011) hebben de voorspellende waarde van 20 verschillende chemische extractiemethoden voor N voor de N-mineralisatie uit een groot aantal proeven vergeleken met een meta-analyse. Hiervoor werden de data uit 220 proeven met in totaal 2068 metingen vergeleken. Meta-analyse is een statistische methodiek waarmee de uitkomsten van proeven die verschillen in opzet, omvang, en uitvoering kunnen worden vergeleken.

Alle geteste methoden waren positief gecorreleerd met de N-mineralisatie (Tabel 5-9). Gemiddeld kon 47% van de verschillen in N-mineralisatie verklaard worden door de indicatoren. N-totaal verklaarde 43%. Het percentage verklaarde variantie liep uiteen van 20% tot 74%. De meeste indicatoren leidden daarbij tot een minder hoge verklaarde variantie dan N-totaal. Er was geen directe relatie tussen de sterkte van het extractiemiddel en het percentage verklaarde variantie. Wel deden neutrale en zure extractiemiddelen het beter dan alkalische extractiemiddelen.

Het percentage verklaarde variantie was hoger bij proeven die onder gecontroleerde omstandigheden in het lab werden uitgevoerd dan bij kas- en vooral veldproeven. Dit kan verklaard worden uit de hogere variabiliteit in veldproeven door variaties in temperatuur, vocht, biomassa, bodemstructuur en verliezen door denitrificatie, uitspoeling of gewasopname. Voor de meeste indicatoren is het percentage verklaarde variantie in N-mineralisatie onder veldomstandigheden lager dan 49%. Ros et al. (2011) concludeerden hieruit dat het gebruik van een enkelvoudige indicator voor N-mineralisatie in het veld onbetrouwbaar is, en suggereren dat een gecombineerd gebruik van een indicator voor potentiële N-mineralisatie met een simulatiemodel (om de vertaalslag naar de actuele mineralisatie te maken) de beste mogelijkheden biedt. Een ander punt is dat er soms wel sprake was van hoge correlaties tussen de N-indicatoren en N-mineralisatie, maar dat de mineralisatiesnelheid uitgedrukt op dagbasis sterk uiteen kon lopen tussen de proeven/studies. Een indicator is als maat voor de mineralisatiesnelheid dus niet zomaar algemeen toe te passen. Dit is waarschijnlijk te wijten aan verschillen in bodemeigenschappen van de gronden in de verschillende proeven. Hieruit volgt dat toepassing wel mogelijk is als de set waarvoor de relatie wordt afgeleid alle relevante bodemsoorten in het toepassingsgebied omvat.



Tabel 5-9. **Resultaten van een meta-analyse, waarin het percentage verklaarde variantie ( $R^2$ ) van indicatoren als voorspeller van de N-mineralisatie op basis van een groot aantal studies is afgeleid (Ros et al., 2011).**

Parameter	$R^2$ , % <sup>a</sup>	aantal metingen	statistisch verschillend van N-totaal <sup>b</sup>
CaOH <sub>2</sub>	20	19	P<0,05
HCl-AA/AS	25	26	P<0,05
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	30	107	P<0,05
KMnO <sub>4</sub>	30	168	P<0,05
NaHCO <sub>3</sub>	30	115	P<0,05
NAOH	30	117	P<0,05
EUf	30	60	P<0,05
HCl-Ntot	35	19	n.s.
HCl-NH <sub>4</sub>	45	101	n.s.
N-totaal	45	393	
KCl-koud	45	18	n.s.
BaOH <sub>2</sub>	45	60	n.s.
CaCl <sub>2</sub> Cold	45	86	n.s.
Fosfaat buffer	50	84	n.s.
Hot KCl	55	215	P<0,05
Hot Water	55	66	P<0,05
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	60	21	n.s.
Cold water	60	9	n.s.
CaCl <sub>2</sub> Hot	65	216	P<0,05
Acid KMnO <sub>4</sub>	65	82	P<0,05
Acid K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	75	49	P<0,05

<sup>a</sup>: de % verklaarde varianties zijn afgeleid uit staafdiagrammen in Ros (2011), afgerond op 5%.

<sup>b</sup>: n.s. niet significant, P>0,05

## **Referenties bij bijlage 1**

- Appel T (1998) Non-biomass soil organic N - the substrate for N mineralization flushes following soil drying-rewetting and for organic N rendered  $\text{CaCl}_2$ -extractable upon soil drying. *Soil Biol. Biochem* 30, no. 10/11, 1445-1456
- Cabrera ML, Vigil MF & Kissel DE (1994) Potential nitrogen mineralization: laboratory and field evaluation. In: Havlin JL et al. (eds.) *Soil testing: prospects for improving nutrient recommendations*. Soil Science Society of America, special publication nr. 40, Madison, Wisconsin, USA, 15-30.
- Curtin D, Wright CE, Beare MH, McCallum FM (2007) Hot Water-extractable Nitrogen as an indicator of soil nitrogen availability. *Soil Science Society of America Journal* 70. pp.1512-1521.
- van Dijk TA, van Schöll L & Postma R (2009) N-leverend vermogen van de bodem als grondslag voor differentiatie N-gebruiksnormen. NMI rapport 1303.08. 31p.
- Groot JJR & Houba VJG (1995) A comparison of different indices for nitrogen mineralization. *Biology and Fertility of Soils* 19, 1-9.
- Hanegraaf MC, De Boer HC, van Eekeren N & Bussink DW (2009) Schatting van C- en N-mineralisatie met indicatoren voor labiele organische stof en stikstof. *Zorg voor Zand rapport nr. 6*. NMI rapport 1230. 46 p.
- Hart SC, Stark JM, Davidson EA & Firestone MK (1994) Nitrogen mineralization, immobilization and nitrification. In: Weaver RW et al. (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2, Microbiological and biochemical properties*. Soil Science Society of America Book Series nr. 5, 1121 pp.
- Hassink J (1995) Organic matter dynamics and N mineralization in grassland soils. Proefschrift, 250 pp.
- Laboski CAM, Sawyer JE, Walters DT, Bundy LG, Hoeft RG, Randall GW & Andraski TW (2008) Evaluating the Illinois Soil Test in the North Central region of the United States, *Agronomy Journal* 100(4), pp.1070-1076.
- Mengel K, Schneider B & Kosegarten H (1999) Nitrogen compounds extracted by electrodialysis (EUF) or  $\text{CaCl}_2$  solution and their relationships to nitrogen mineralization in soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162, 139-148.
- Neeteson JJ (1990) Development of nitrogen fertilizer recommendations for arable crops in the Netherlands in relation to nitrate leaching. *Fertilizer Research* 26, 1-3, 291-298.
- Neeteson JJ, Groot JJR & Houba VJG (1994) Schatting van de stikstofmineralisatie op akkerbouwpercelen. Eindrapportage van FOMA-project 3.15 (1994) DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek, AB-DLO nota 6.
- Nunan N, Morgan MA, Brennan D & Herlihy M (2001) Organic matter extracted with 0.01 M  $\text{CaCl}_2$  or with 0.01 M  $\text{NaHCO}_3$  as indices of N mineralization and microbial biomass. *Biology and Fertility of Soils*, 34, 6, 433-440.
- Reijneveld JA & Van Erp PJ (1997) Norg ( $\text{CaCl}_2$ ) als indicator voor de N-levering door landbouwgronden. *Nutriënten Management Instituut NMI, verslag C 96.12*.
- Ros GH, Temminghoff EJM & Hoffland E (2011) Nitrogen mineralisation - a meta-analysis on the predictive value of soil tests. *European Journal of Soil Science* 61(1) pp. 162-173.
- Schepers JS & Meisinger JJ (1994) Field indicators of nitrogen mineralization. In: Havlin JL et al. (eds.) *Soil testing: prospects for improving nutrient recommendations*. Soil Science Society of America, special

publication nr. 40, Madison, Wisconsin, USA, 31-48.

Sharifi M, Zebbarh BJ, Burton DL, Brand CA & Cooper JM (2007) Evaluation of some indices of potentially mineralizable nitrogen in soil. *Soil Science Society of America Journal* 71(4), pp.1233-1239.

Smit A & Velthof GL (2010) Comparison of indices for the prediction of nitrogen mineralization after destruction of managed grassland. *Plant and Soil* 331 pp. 139-150.

Stanford G (1982) Assessment of soil nitrogen availability. In: Stevenson FJ (ed.) *Nitrogen in agricultural science*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, Agronomy 22, 651-688.

Velthof GL, Oenema O & Nelemans JA (2002) Vergelijking van indicatoren voor stikstofmineralisatie in bouwland. *Meststoffen 2000*. pp. 45-52.

Velthof GL (2003) Relaties tussen mineralisatie, denitrificatie en indicatoren voor bodemkwaliteit in landbouwgronden, *Alterra-rapport 769*, Sturen op Nitraat rapport nr. 6, 38 p.

Werner W & Siepen A (1995) Zur Bedeutung des CaCl<sub>2</sub>-Norg-Wertes als Kriterium des N-Nachlieferungspotentials von Sandböden. Untersuchungen zur Optimierung der Nmin-gestützten Düngungsempfehlung zu Mais im nördlichen Münsterland. Lehr- und Forschungsschwerpunkt "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft" an der Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Agrikulturchemisches Institut, Forschungsberichte Heft Nr. 29.

Whitmore AP (1999) Evaluating the nitrogensupplying power of soils in field cropping systems. *Research Institute for Agrobiolgy and Soil Fertility*, AB-DLO note 186.

Williams JD, Crozier CR, White JG, Heiniger RW, Sripada RP & Crouwe DA (2007) Illinois Soil Nitrogen Test predicts Southeastern US corn economic optimum nitrogen rates. *Soil Science Society of America Journal* 71(3), pp.735-744.

Zwart KB (2003) Mineralisatie van bodem en mest, een indicator op basis van (bio) chemische parameters, *Alterra-rapport 741*, 39 p.

Zwart K.B., A.P. Whitmore & J.G. Bokhorst (1999) Beheer van organische stof in open biologische, ecologische en geïntegreerde systemen. *Rapport 102*, AB-DLO, Wageningen.