



Fosfaat, ammoniak en broeikasgassen in de melkveehouderij Effecten van maatregelen 2020

Carin Rougoor, Emiel Elferink & Lien Terryn (CLM)
m.m.v. Co Daatselaar en Alfons Beldman (LEI) (Hoofdstuk 1)

Fosfaat, ammoniak en broeikasgassen in de melkveehouderij

Effecten van maatregelen 2020

Carin Rougoor, Emiel Elferink & Lien Terryn (CLM)

m.m.v. Co Daatselaar en Alfons Beldman (LEI) (Hoofdstuk 1)

CLM Onderzoek en Advies BV

Culemborg, juni 2013

CLM 829 - 2013

Abstract

Dit rapport beschrijft de fosfaatexcretie vanuit de melkveehouderij in 2011 en de verwachting voor 2020 bij groei van de zuivelsector met 10 tot 20%. Effecten van mogelijke maatregelen om deze fosfaatexcretie te verminderen worden gekwantificeerd. Ook wordt berekend wat de gevolgen zijn van deze fosfaatmaatregelen voor de broeikasgasemissies en ammoniakemissie vanuit de melkveehouderij in 2020.

Inhoud

Inhoud

Samenvatting	I
--------------	---

1 Fosfaat en de melkveehouderij	1
1.1 Inleiding	1
1.2 Fosfaatexcretie melkveehouderij	1
1.3 Plaatsingsruimte	4
1.4 Oplossingsrichtingen	7
1.5 Discussiepunten	14
2 Gevolgen voor de broeikasgasemissies	19
2.1 Inleiding	19
2.2 Beschrijving van de maatregelen	20
2.3 Broeikasgasemissie na de maatregelen	24
3 Gevolgen voor de ammoniakemissie	27
3.1 Inleiding	27
3.2 Ammoniakemissie melkveehouderij 2011	27
3.3 Verwachte ammoniakemissie in 2015 en 2020	29
3.3.1 De CLM-ammoniaklat	30
3.3.2 Resultaten uitgangssituatie in 2020	31
3.4 Effect van fosfaatmaatregelen op de ammoniakemissie	32

Samenvatting

Onderzoeksvragen

- Wat is de omvang van de fosfaatexcretie vanuit de Nederlandse landbouw nu en de komende jaren tot 2020?
- Welk deel daarvan is afkomstig van de melkveehouderij?
- Hoe verhoudt dit zich tot de fosfaatplaatsingsruimte?
- Welke mogelijkheden heeft de melkveehouderij om de fosfaatexcretie te beperken?
- Wat zijn de effecten van deze fosfaatmaatregelen op de broeikasgasemissies en de ammoniakemissie?

Verwachtingen fosfaatexcretie nu en in de toekomst

- De verwachting is dat de fosfaatexcretie vanuit de melkveehouderij groeit van 79 mln. kg in 2011 naar 91 mln. kg fosfaat in 2020. Uitgangspunt hierbij is een groei van de totale melkproductie door de sector met 20%. De fosfaatexcretie vanuit de totale landbouw bedraagt in 2020 dan 181 mln. kg fosfaat. Uitgangspunt hierbij is dat de fosfaatexcretie door andere dierlijke sectoren gelijk blijft tussen 2012 en 2020. Deze laatste aanname baseren we op De Koeijer e.a. (2012) waarin wordt aangegeven dat diverse studies aangeven dat tussen 2011 en 2013 een daling van het aantal varkens is te verwachten en dat de kans dat de varkensstapel na afschaffing van de dierrechten op of boven het huidige niveau komt, niet waarschijnlijk is.
- De plaatsingsruimte voor fosfaat is vanaf 2015 maximaal 135 mln. kg fosfaat. Aanname hierbij is dat van alle grond de fosfaattoestand wordt bepaald en dat alle plaatsingsruimte (dus ook bij akkerbouwers) volledig wordt benut. Zo niet, dan kan de plaatsingsruimte tot circa 10 mln. kg fosfaat minder worden.
- Een plaatsingsruimte van 135 mln. tegenover een excretie van 181 mln. kg in 2020 betekent een landelijk overschot van minimaal 46 mln. kg fosfaat. Daarnaast is er de huidige afspraak met Brussel dat de totale fosfaatproductie van de Nederlandse landbouw niet meer dan 173 mln. kg fosfaat zal bedragen (Zie Derogatiebeschikking EU, 8 december 2005)¹.
- Naar verwachting kan de melkveehouderij 69 mln. kg fosfaat op eigen grond aanwenden. Voor de overige 22 mln. kg fosfaat moet dan alternatieve plaatsing worden gezocht. Mogelijk kan dit deels ook op land van derden zoals akkerbouwers.

Verwachting broeikasgas- en ammoniakemissies

Met behulp van de CLM-klimaatlat en de CLM-ammoniaklat is uitgerekend wat de verwachte broeikasgasemissies en ammoniakemissie is in 2020 vanuit de melkveehouderij, bij een groei van de sector met 20%. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verwachte emissies.

¹ Letterlijke tekst uit Derogatiebeschikking: "Teneinde te vermijden dat door de toepassing van de gevraagde derogatie intensivering optreedt, dienen de bevoegde instanties ervoor te zorgen, dat de mestproductie, zowel wat stikstof als fosfaat betreft, het niveau van het jaar 2002 niet overschrijdt, overeenkomstig het door Nederland uit te voeren actieprogramma."

Tabel S1 Emissies van fosfaat, broeikasgassen en ammoniak vanuit de melkveehouderij in 2011 en verwachte emissies in 2020 bij groei van de melkveehouderij met 20 % en doorgaande autonome ontwikkeling.

	2011	2020
Fosfaatexcretie (mln kg fosfaat)	79	91
Broeikasgasemissies (Mton CO ₂ -eq)	14,7	16,1
Ammoniakemissie (kton)	46,5	53,0

Oplossingsrichtingen en effecten totale melkveehouderij

We hebben doorerekend welke maatregelen mogelijk zijn om de fosfaatefficiëntie te verhogen, of de plaatsingsruimte te vergroten:

- Verhogen van de fosfaatefficiëntie in het rantsoen (totaal 3,5 tot 5 mln. kg fosfaat):
 - 5 tot 10% meer mais: -0,6 tot -1,2 mln. kg fosfaat.
 - Minder voederverliezen: -2 mln. kg fosfaat.
 - Verbeteren van voer efficiëntie, bijvoorbeeld door verbetering van het voermanagement en/of de genetische aanleg voor voerefficiëntie: -0,5 tot -1 mln. kg fosfaat.
 - Op de norm voeren: -0,4 tot -0,8 mln. kg fosfaat.
- Verhogen van de fosfaatefficiëntie van het gewas: -3 mln. kg fosfaat.
- Bemesting op basis van gewasopbrengst: een deel van de melkveebedrijven realiseren een fosfaatopbrengst van meer dan 90 kg fosfaat per ha. Deze bedrijven zouden in principe meer dan 90 kg fosfaat per ha kunnen bemesten en toch aan de eis van evenwichtsbemesting voldoen. Wettelijk is dit op dit moment echter niet toegestaan. Als de wetgeving op dit vlak zou worden aangepast, zou de plaatsingsruimte met circa 1 mln. kg fosfaat kunnen worden uitgebreid.
- Verlengen levensduur melkvee met 0,5 tot 1 lactatie: -2,4 tot -4,3 mln. kg fosfaat, waarvan:
 - -2,2 tot 4,0 mln. kg fosfaat als gevolg van het aanhouden van minder jongvee;
 - -0,2 tot -0,3 mln. kg fosfaat als gevolg van een hogere productie per koe per jaar.
- Verhogen van de productie per koe met 5% tot 10%: -2,3 tot -4,1 mln. kg fosfaat.

Binnen de huidige bedrijfssystemen lijkt daarmee een besparing van 11 tot maximaal 17 mln. kg fosfaat mogelijk. Al deze maatregelen gezamenlijk dragen daarmee echter onvoldoende bij om de fosfaatproblematiek op te lossen. Dit gat zal groter zijn als in praktijk zou blijken dat niet van alle grond de fosfaattoestand wordt bepaald. Het gat zal kleiner worden als duurzame contracten afgesloten kunnen worden met akkerbouwers, waarin afspraken worden gemaakt over afzet van de mest op hun grond. Deels is dit het procedureel regelen van de huidige stand van zaken (huidige niet geregistreerde boer-boer transporten), deels kunnen dit ook nieuwe afspraken zijn. Het lijkt reëel te veronderstellen dat dit 5 tot 7 mln. kg extra plaatsingsruimte voor de melkveehouderij oplevert.

In hoofdstuk 2 en 3 bespreken we de verwachte effecten van deze maatregelen op de broeikasgasemissies en de ammoniakemissie. De resultaten hiervan staan samengevat in onderstaande tabel.

Tabel S2 Samenvattend overzicht van verwachte effecten van fosfaatmaatregelen op de fosfaatexcretie, de broeikasgasemissies en de ammoniakemissie voor het realistische scenario in 2020 (bij een groei van de melkveehouderij met 20 %).

Maatregel	Fosfaat (mln kg)	Broeikasgassen (Mton CO₂-eq)	Ammoniakemissie (kton)
<i>Meer mais in het rantsoen (+5%)</i>	-0,6	-0,02	?
<i>Verbetering voederconversie</i>	-2,9	-0,35	-0,5
<i>Verhogen bodem/gewas-efficiëntie van 82 naar 95%</i>	-3	-0,004	-1,0
<i>Bemesting op basis van gewasopbrengst</i>	0	0	0
<i>Minder jongvee (-10%)</i>	-2,2	-0,03	-0,6
<i>Extra productiestijging (+5%)</i>	-2,3	-0,40	-0,9
TOTAAL	-11	-0,8	-3,0

1 Fosfaat en de melkveehouderij _____

Carin Rougoor (CLM)
m.m.v. Co Daatselaar en Alfons Beldman (LEI)

1.1 Inleiding

FrieslandCampina heeft CLM Onderzoek en Advies gevraagd in samenwerking met het LEI een quickscan uit te voeren naar de fosfaatproblematiek binnen de Nederlandse landbouw op dit moment, de te verwachten ontwikkelingen tot 2020 en mogelijke oplossingsrichtingen. Concreet betreft het de beantwoording van de onderstaande onderzoeksvragen:

- Wat is de omvang van de fosfaatexcretie vanuit de Nederlandse landbouw nu en de komende jaren tot 2020?
- Welk deel daarvan is afkomstig van de melkveehouderij?
- Hoe verhoudt dit zich tot de fosfaatplaatsingsruimte?
- Welke mogelijkheden heeft de melkveehouderij om de fosfaatexcretie te beperken?

Deze vragen beantwoorden we in onderstaande hoofdstukken. Informatie uit CBS-statistieken en recente literatuur vormen de basis voor de berekeningen.

1.2 Fosfaatexcretie melkveehouderij

Om de fosfaatexcretie in de periode 2012 tot 2020 te kunnen berekenen, hebben we de volgende aannames gedaan:

- Tussen 2012 en 2015 stijgt de totale melkproductie in Nederland met 1% per jaar t.o.v. het uitgangsjaar 2011. Het eerste jaar na de afschaffing van de zuivelquotering (2016) stijgt de melkproductie met 8% en de daaropvolgende jaren ieder jaar met 2%, zodat de totale productiestijging 20% bedraagt t.o.v. 2011. Daarnaast geven we steeds weer wat het effect in 2020 zou zijn bij een totale productiestijging van 10% in 2020 t.o.v. 2011.
- Ieder jaar stijgt de productie per koe per jaar evenveel (in absolute kg) als de stijging volgens PZ-gegevens was tussen 2000 en 2011. Deze cijfers zijn in lijn met gegevens uit het LEI-BINternet. NB. De productiestijging per koe in 2016 is moeilijk te voorspellen. Het betreft een nieuwe situatie: melkveehouders kunnen vanaf dan in principe onbeperkt melk leveren. Dit kan betekenen dat ook minder producerende dieren worden aangehouden (waardoor de productie per koe daalt), maar het kan ook zijn dat melkveehouders (bij relatief lage voerkosten) kiezen voor een hogere krachtvoergift per koe, waardoor de productie per koe stijgt.
- De fosfaatexcretie van de landbouw staat weergegeven in de CBS-statistieken. Dit nemen we als basis voor onze berekeningen. De huidige forfaitaire fosfaatexcretienormen gebruiken we vervolgens om te berekenen hoe de fosfaatexcretie per kg melk zal wijzigen als gevolg van de autonome productiestijging per koe tussen 2011 en 2020.

- Ook de excretienormen voor jongvee worden meegenomen, waarbij uitgangspunt is dat het vervangingspercentage 35% is, oftewel: voor iedere melkkoe is 0,35 kalf tussen 0-1 jaar aanwezig en 0,35 kalf tussen 1-2 jaar. Deze hoeveelheid jongvee per melkkoe komt overeen met cijfers uit het LEI-BINternet.
- De fosfaatexcretie van andere diersoorten blijft nu en in de toekomst gelijk.

Tabel 1.1 geeft een overzicht van een schatting van fosfaatexcretie en fosfaatplaatsingsruimte nu, in 2015 en in 2020. Cijfers voor 2009 zijn gebaseerd op CBS-cijfers die zijn uitgesplitst naar diercategorie. Vanaf 2010 wordt in de CBS-cijfers melk- en fokvee niet meer apart weergegeven, maar vormt het onderdeel van de categorie 'rundvee'. Om toch de excretie van melk- en fokvee te kunnen bepalen, hebben we aangenomen dat de fosfaatexcretie van 'overig rundvee' (d.w.z. niet melk- en fokvee) constant is gebleven en zal blijven. Verschillen ontstaan dus als gevolg van veranderingen in de melkveehouderij. De wijze van berekening van de fosfaatplaatsingsruimte staat in de volgende paragraaf weergegeven.

Tabel 1.1 Overzicht van fosfaatexcretie in 2009, 2011, 2012 en een schatting voor 2015 en 2020 bij +10% en +20% totale melkproductie (in miljoen kg).

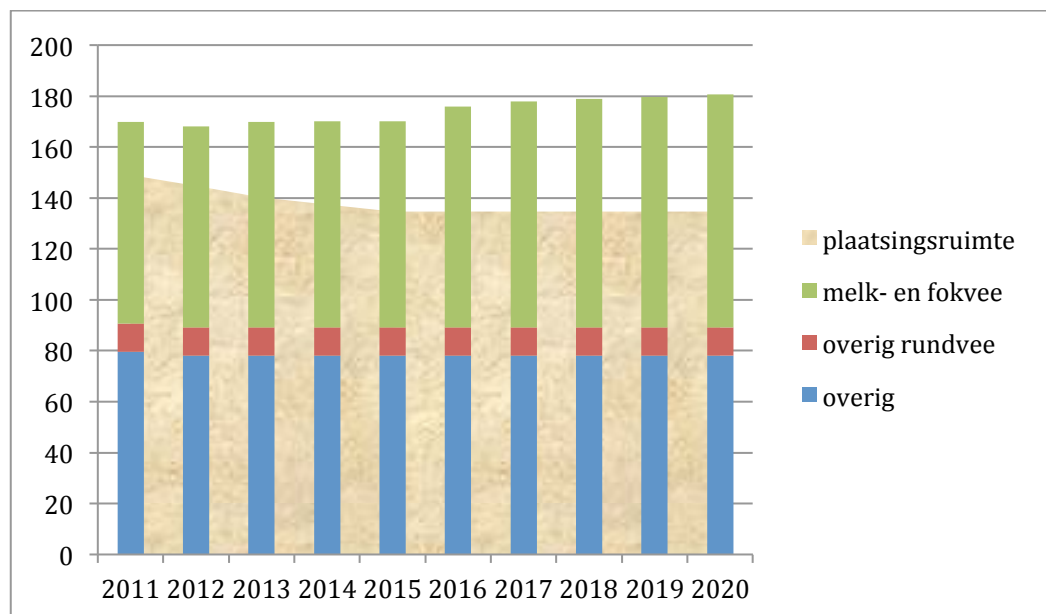
	2009	2011	2012	2015	2020 (+10%)	2020 (+20%)
Melk- en fokvee (1)	81	79	79 ²	81	84	91
Overige dieren (2)	94	91	89	89	89	89
TOTAAL	175	170	168	170	173	181
Plaatsingsruimte (3)	173	149	145	135	135	135
Gap (1 + 2 - 3)	+2	+21	+23	+35	+38	+46

NB. Fosfaatkunstmest laten we hier buiten beschouwing. Uitgangspunt is dat de fosfaatplaatsingsruimte in de toekomst geheel zal worden benut voor aanwending van dierlijke mest.

De Koeijer e.a. (2012) komen op een iets lagere totale fosfaatexcretie in 2015 (165 mln.), omdat ze uitgaan van afname van fosfaatexcretie van de varkenshouderij door het voerspoor. Wij gaan uit van een gelijkblijvende excretie van 'overige dieren'.

De informatie uit tabel 1.1 is ook in onderstaande figuur weergegeven, inclusief tussenliggende jaren. Hierbij is de aanname gedaan dat de komende jaren de melkproductie 1% per jaar zal stijgen, dat er in 2016 een extra stijging van 8% zal zijn, en dat daarna de jaarlijkse groei 2% is (waarmee de totale groei van de sector op 20% komt). Daarnaast is een belangrijke veronderstelling dat alle plaatsingsruimte voor dierlijke mest volledig wordt opgevuld. In praktijk is dit op dit moment nog niet het geval; binnen de akkerbouw wordt gedeeltelijk nog de voorkeur gegeven aan kunstmest.

² Deze berekeningen zijn uitgevoerd in april 2013. In mei 2013 heeft het CBS de resultaten voor 2012 gepubliceerd. Hierin wordt aangegeven dat de fosfaatsuitscheiding vanuit de rundveehouderij 1 mln. kg is gedaald t.o.v. 2011. Dit is het gevolg van daling van het fosforgehalte in rundveevoer (resultierend in -2,6 mln. kg fosfaatexcretie), maar hogere gehalten in ruwvoer en een hoger voerverbruik. De daadwerkelijke excretie vanuit de melkveehouderij bedraagt dus 78 miljoen in plaats van de door ons berekende 79 miljoen.



Figuur 1.1 Verwachting van de fosfaatexcretie Nederlandse veehouderij en fosfaatplaatsingsruimte in Nederland bij een groei van de melkveehouderij in 2020 met +20% t.o.v. 2011.

Huidige verwerkingscapaciteit van mest

Voor drijfmest afkomstig van varkens en runderen bestaat nog maar weinig verwerkingscapaciteit. Deze bedraagt **1 mln. kg fosfaat voor rundveemest**, 1 mln. kg fosfaat voor varkensmest, 14 mln. kg voor pluimveemest en 2 mln. kg overige mest. **Totaal 18 mln. kg fosfaat** (PBL, 2012)

Luesink et al. (2011) stelt dat daarnaast 25,8 miljoen kg fosfaat in mest in 2010 werd geëxporteerd (alle mestsoorten gezamenlijk). In 2012 is 27,7 miljoen kg fosfaat uit dierlijke mest geëxporteerd (Boerderij, 4 maart 2013). Volgens de definitie voor mestverwerking in het Wetsvoorstel dat door staatssecretarissen Bleker en Atsma naar de Tweede Kamer is gestuurd (juni 2012)³ kunnen deze twee worden opgeteld, waarmee de verwerkingscapaciteit op ruim 40 miljoen kg fosfaat komt. De huidige studie is een quickscan. Dit houdt in dat we niet de mogelijkheid hebben om allerlei nuanceringsen door te rekenen; het zijn grove berekeningen. Om beter inzicht te krijgen in de juistheid van deze schattingen, geven we hieronder enkele nuanceringsen weer en een kwalitatieve weergave van de te verwachten effecten op de fosfaatexcretie:

- Door de te verwachten uitbreiding van de melkveehouderij in 2016, zullen melkveehouders mogelijk minder selecteren binnen hun veestapel (c.q. meer dieren aanhouden), waardoor de productie minder zal toenemen dan het jaargemiddelde tussen 2000 en 2011. Hierdoor zal de **fosfaatexcretie iets hoger** zijn dan uit bovenstaande berekeningen naar voren komt (bij de aanname dat de totale productie wel met 20% toeneemt in 2020).
- De fosfaatexcretie van andere dieren blijft mogelijk niet gelijk. Deze kan in praktijk zowel stijgen als dalen, waardoor de **totale fosfaatexcretie zowel hoger als lager kan zijn** dan uit bovenstaande berekeningen naar voren komt.

³ Definitie van verwerking: 'onder verwerking wordt in het kader van het stelsel van verantwoorde mestafzet verstaan het zodanig behandelen van dierlijke mest dat het eindproduct niet lager aangemerkt wordt als dierlijke mest of export'.

1.3 Plaatsingsruimte

Plaatsingsruimte totale Nederlandse landbouw

De plaatsingsruimte voor fosfaat is afhankelijk van de fosfaattoestand van de bodem. Dit staat in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 1.2 Overzicht plaatsingsruimte in kg fosfaat per ha.

		2011	2012	2013	2014*	2015*
Grasland	Laag	100	100	100	100	100
	Neutraal	95	95	95	95	90
	Hoog	90	85	85	85	80
Bouwland	Laag	85	85	85	80	75
	Neutraal	75	70	65	65	60
	Hoog	70	65	55	55	50

* Indicatief (bron: Evaluatie meststoffenwet 2012, PBL).

Veel boeren hebben de fosfaattoestand van de percelen niet laten vaststellen, waardoor die percelen automatisch onder het regime van de lage fosfaatgebruiksnorm vallen. Hierdoor heeft 70 procent van het areaal een fosfaattoestand 'hoog', terwijl het naar verwachting om circa 40 procent van het areaal gaat. Blijkbaar is de behoefte om een hogere fosfaatsnorm te mogen gebruiken niet groot. De totale ruimte voor bemesting met fosfaat is hierdoor in 2010 (extra) afgenomen met 6 tot 9 miljoen kilogram ten opzichte van 2009 (PBL, 2012).

De cijfers uit tabel 1.2 zijn gebruikt om de landelijke fosfaatgebruiksruimte te berekenen, in combinatie met oppervlaktegegevens en twee verschillende bronnen t.a.v. verdeling van grond naar fosfaattoestand. Op basis van de bij Dienst Regeling bekende oppervlaktegegevens (dus met relatief veel areaal met fosfaattoestand 'hoog'), zou de fosfaatgebruiksruimte **124 mln. kg fosfaat** zijn vanaf 2015. Als we er vanuit gaan dat meer boeren de fosfaattoestand van de bodem zullen laten bepalen (waardoor minder grond in de categorie 'hoog' komt), komen we uit op een fosfaatgebruiksruimte van **135 mln. kg fosfaat**. Deze laatste waarde gebruiken we in deze studie, omdat we er vanuit gaan dat deze relatief eenvoudige weg om meer gebruiksruimte te krijgen (door de fosfaattoestand van de grond laten bepalen) als eerste in de toekomst door boeren zal worden aangegrepen. Hierbij moeten we wel de nuancering plaatsen dat een deel van deze ruimte bij akkerbouwers zal liggen. Zij hebben immers niet direct voordeel bij een uitbreiding van de fosfaatplaatsingsruimte op hun bedrijf.

We kunnen enkele nuanceringsplaatsen t.a.v. de omvang fosfaatplaatsingsruimte:

- Een deel van de akkerbouwers zal niet de fosfaattoestand van de bodem laten bepalen. Hierdoor zal de **fosfaatplaatsingsruimte iets lager** zijn (maximaal ca. 5 mln. kg fosfaat lager).
- De plaatsingsruimte bij akkerbouwers wordt mogelijk niet volledig benut. Een deel van de akkerbouwers zal waarschijnlijk voorkeur voor kunstmestfosfaat hebben. Hierdoor zal de **fosfaatplaatsingsruimte iets lager** zijn.

Mogelijk is de fosfaatplaatsingsruimte iets lager, doordat dus niet alle plaatsingsruimte maximaal wordt benut.

Plaatsingsruimte melkveehouderij

Fosfaat uit mest van de melkveehouderij kan grotendeels worden aangewend op eigen land. Alleen de productie boven de norm moet op een andere manier worden verwerkt of gereduceerd.

Op eigen grond kan (berekend op basis van CBS-cijfers wat betreft land in gebruik door melkveehouderij en het uitgangspunt dat 20% van de grond als maïsland wordt toegepast. Dit laatste blijkt uit cijfers van het LEI-BINternet) kan maximaal 69 mln. kg fosfaat worden aangewend. Dit getal is een schatting. Hieronder geven we weer welke onzekerheden er rondom deze schatting zitten. Zo komen we tot een onder- en een bovengrens voor de plaatsingsruimte voor de melkveehouderij.

Ondergrens plaatsingsruimte melkveehouderij

Zoals aangegeven in de voorgaande paragraaf veronderstellen we dat boeren de komende jaren de fosfaattoestand van de bodem zullen laten bepalen. De fosfaatplaatsingsruimte voor de melkveehouderij is **69 mln kg fosfaat** in 2020 als van alle grond dat in gebruik is van de melkveehouderij de fosfaattoestand daadwerkelijk bekend is. Als geen enkele melkveehouder alsnog de fosfaattoestand van de grond zal laten bepalen, zal de fosfaatgebruiksruimte voor de melkveehouderij **64 mln kg fosfaat** bedragen. Dit kan worden gezien als de absolute ondergrens. Volgens CBS Statline heeft in 2012 al 64% van de melkveebedrijven een fosfaatoverschot. Voor deze bedrijven kan het aantrekkelijk zijn de fosfaattoestand te laten bepalen om zo de plaatsingsruimte op het eigen bedrijf te vergroten. Als alleen de bedrijven met nu al een fosfaatoverschot daadwerkelijk de fosfaattoestand van de bodem laten bepalen, zal de plaatsingsruimte circa 67 mln kg fosfaat bedragen.

Bovengrens plaatsingsruimte melkveehouderij

De berekening van de plaatsingsruimte voor fosfaat is gebaseerd op de oppervlakte die in gebruik is door de melkveehouderij. Ook nu al wordt een deel van de mest afgezet via mestafzetcontracten en deze mest wordt op andere grond aangewend. Deze grond is niet in gebruik door de melkveehouderij, maar de mestafzetruimte wordt wel door de melkveehouderij gebruikt. Het ligt voor de hand dat deze contracten in de toekomst blijven bestaan. Een deel van de melkveehouders heeft daarnaast via boer-boertransport⁴, de Vogelaarvariant⁵ of 'mest voor maïs' contracten grond voor mestafzet verbonden aan het bedrijf, zonder dat dit bij Dienst Rege-lingen is opgegeven als grond in eigen gebruik. Als de voorwaarden veranderen is het aannemelijk dat een deel van deze grond bijgeschreven wordt in de gecombi-neerde opgave. Hierdoor zal de fosfaatplaatsingsruimte voor de melkveehouderij hoger zijn dan uit de huidige gegevens blijkt.

Om inzicht te krijgen hoe groot deze 'meststroom' is, is de volgende informatie noodzakelijk:

- Hoeveel fosfaat wordt via verschillende wegen afgezet?
 - Uit figuur 1.2 blijkt dat in 2010 circa 7 miljoen ton rundveemest is afge-zet. Dit komt overeen met circa 11 miljoen kg fosfaat. Volgens cijfers van het ministerie van EZ bedraagt dit in 2012 14,9 miljoen kg fosfaat.

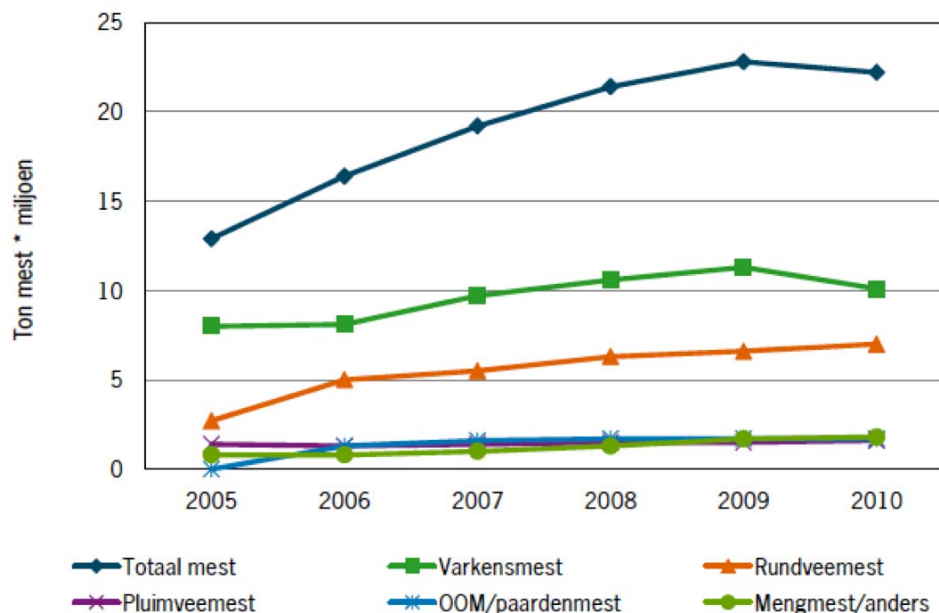
⁴ Vervoer van maximaal 15% van de mestproductie naar een bedrijf op maximaal 10 kilo-meter afstand is vrijgesteld van de bemonsterings- en registratie-eisen van mestvervoer. Dit zijn de zogenaamde boer-boer transporten.

⁵ Eenzelfde vrijstelling geldt voor transport naar maximaal één jaar uitgebruik gegeven (bijvoorbeeld verhuurde) landbouwgrond. Dit is de zogenaamde Vogelaar-variant.

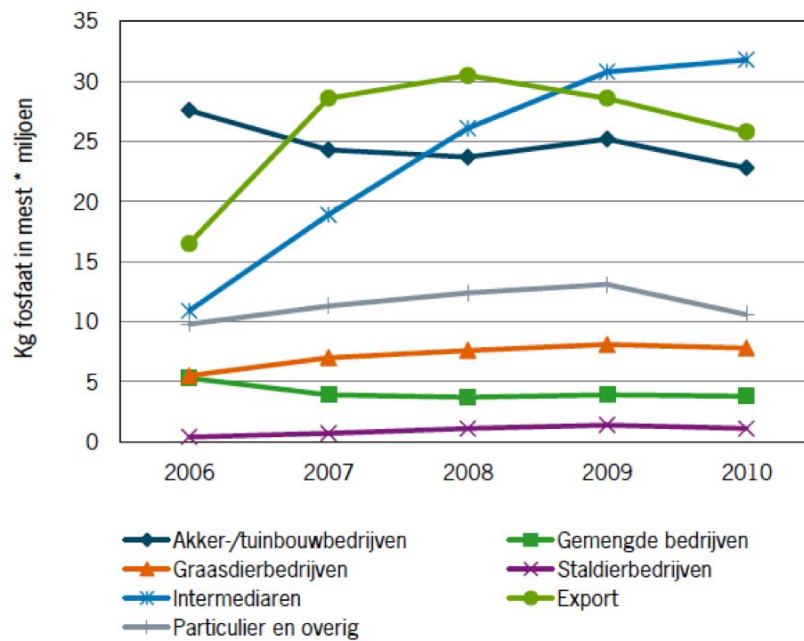
- Uit gegevens van Van den Ham e.a. (2011) blijkt dat via boer-boer transporten in 2010 2,5 miljoen kg fosfaat werd afgezet. Dit betreft zowel rundveemest als varkensmest (Van den Ham e.a., 2011).
- Waar wordt deze mest naartoe getransporteerd? Is dit naar een ander melkveebedrijf (dan verhoogt het niet de fosfaatplaatsingsruimte van de sector) of naar een andere sector? Uit figuur 1.3 blijkt dat graasdierbedrijven circa 8 miljoen kg fosfaat via mest aanvoeren. Uit cijfers van het ministerie van EZ blijkt dat in 2012 graasdieren nog eenzelfde hoeveelheid fosfaat via mest aanvoerden: 7,9 miljoen kg fosfaat.

In totaal wordt dus netto minimaal $(14,9 - 7,9 =) 7$ miljoen kg fosfaat vanuit graasdierbedrijven afgevoerd en afgezet op andere bedrijven en/of geëxporteerd en daarbovenop mogelijk nog maximaal 2 miljoen kg fosfaat via niet geëxporteerde meststromen.

In de toekomst zal deze plaatsingsruimte iets minder zijn, omdat de plaatsingsruimte per ha minder wordt (zie tabel 2.2). Voor bouwland is dit gemiddeld een daling van circa 20% t.o.v. 2010.



Figuur 1.2 Hoeveelheid mest (in miljoen ton) vanaf de producent (Bron Van den Ham, 2011).



Figuur 1.3 Hoeveelheid fosfaat in mest die door verschillende sectoren wordt aangevoerd (bron: Van den Ham et al., 2011).

Zo komen we tot de volgende scenario's:

- Realistisch lijkt dat de melkveehouderij 5 miljoen kg extra fosfaatplaatsingsruimte heeft, vanwege reeds bestaande afspraken t.a.v. mesttransport.
- Maximaal haalbaar lijkt dat de melkveehouderij 7 miljoen kg extra fosfaatplaatsingsruimte heeft vanwege reeds bestaande afspraken t.a.v. mesttransport.

De absolute bovengrens voor de fosfaatplaatsingsruimte van de melkveehouderij komt daarmee op $69 + 7 = 76$ miljoen kg fosfaat.

1.4 Oplossingsrichtingen

We bespreken de volgende mogelijke oplossingsrichtingen:

- Verhoging van de fosfaatefficiëntie op bedrijfsniveau. Dit is in feite een integrale maatregel: door allerlei maatregelen te nemen op het bedrijf, zal de fosfaatefficiëntie toenemen. Mogelijke maatregelen op bedrijfsniveau zijn:
 - Verbeteren van de fosfaatefficiëntie van het rantsoen
 - Verhogen van de fosfaatefficiëntie van het gewas
 - Verlengen levensduur melkvee (levensproductie per koe verhogen), hierdoor is minder jongvee nodig en stijgt de productie per koe per jaar iets.
 - Verhogen van de productie per koe per jaar.
- Mestverwerking.

We bespreken deze oplossingsrichtingen hieronder een voor een.

Verhogen van de fosfaatefficiëntie in het rantsoen

Volgens informatie vanuit het project Koeien & Kansen bedroeg de fosfaatefficiëntie op koe niveau in 2009 landelijk gemiddeld 27%. Op Koeien & Kansen bedrijven

realiseerde men in 2011 een fosfaatefficiëntie van 33%⁶. Wat is het effect van verhoging van de gemiddelde fosfaatefficiëntie op het Nederlands melkveebedrijf van 27% in 2009 naar 33% in 2020? Volgens CLM-berekeningen heeft dit het volgende effect op de fosfaatexcretie van melk- en fokvee in 2009 en 2020, bij de aanname dat de totale melkproductie in 2020 20% hoger is dan in 2009:

- 2009: 81 mln kg fosfaat (zie tabel 1.1).
- 2020 volgens 'autonome ontwikkeling': 91 mln kg fosfaat (zie tabel 1.1).
- 2020 inclusief fosfaatefficiëntieverhoging van 6%: 73 mln kg fosfaat

Dit is dus een afname t.o.v. 'de autonome ontwikkeling' in 2020, waarbij alleen een jaarlijkse productiestijging is meegenomen, van **18 mln kg fosfaat**. De autonome productieverhoging per koe is daarnaast ook een efficiëntieverbetering van bijna 3,6 mln kg fosfaat. De efficiëntieverhoging resulteert totaal dus in een verlaging van de fosfaatexcretie ruim 21 mln kg fosfaat, waarvan een deel 'autonoom' plaats zal vinden. Om te kijken of deze schatting reëel is, vergelijken we dit met resultaten van Gosselink en Sebek (2012) en vervolgens berekenen we de effecten per individuele maatregel.

Gosselink en Sebek (2012) geven aan dat de fosfaatefficiëntie in 2009 op dierniveau 29,2% is.

Zij schatten de effecten van maatregelen als volgt:

- 10% verlaging fosfaataanvoer via krachtvoer: efficiëntieverhoging met 1% = 30,2%.
- 10% minder jongvee: efficiëntieverhoging met 0,5% = 29,7%.
- Teelt van P-arme ruwvoerders (meer snijmais, minder gras): efficiëntieverhoging met 0,9% = 30,1%.

Deze maatregelen gezamenlijk geven een efficiëntieverhoging van 29,2% naar 31,6%. Opvallend is dat Gosselink en Sebek een relatief kleine efficiëntieverbetering verwachten op basis van deze maatregelen, terwijl ze ook aangeven dat binnen het project Koeien & Kansen een bedrijf een fosfaatbenutting van 41,8% realiseert (12,6% hoger dan het gemiddeld van 29,2%). Als alle Nederlandse melkveebedrijven gemiddeld de fosfaatbenutting met 12,6% zouden verhogen, zou dit een grote reductie van de fosfaatexcretie betekenen. Het is echter irreëel te veronderstellen dat alle Nederlandse melkveebedrijven deze efficiëntie kunnen realiseren, omdat dit een zeer forse ondersteuning en inspanning vraagt van de betreffende bedrijven. Daarnaast betreft dit een K&K-bedrijf met een productie van 24.000 kg melk/ha; intensieve bedrijven zijn op bedrijfsniveau veelal fosfaatefficiënter.

Verbeteren van de fosfaatefficiëntie in het rantsoen

De fosfaatefficiëntie van het rantsoen kan verbeteren door de volgende maatregelen:

- 5% tot 10% meer mais in het rantsoen (zie onder)
- verbetering voederconversie (de hoeveelheid voer per kg melk). Voederconversie wordt o.a. bepaald door leeftijd en melkproductieniveau (Van Duinkerken e.a., 2007). De effecten hiervan berekenen we apart bij berekening van effect levensduur en productieniveau (zie onder). Maar daarnaast is er nog verschil mogelijk in genetische aanleg, in voerverliezen, op de norm voeren. Concreet:
 - minder voederverliezen. Voederverliezen bedragen 10 tot 15% (Van

⁶ Zie:

<http://www.verantwoordeveehouderij.nl/index.asp?home/nieuwbijvv/persberichten/2012072301.asp>

Grinsven e.a., 2008). Inschatting is dat als deze verliezen met 3 procentpunten te verminderen zijn (naar 7-12% voederverliezen) dat dit **2 mln. kg fosfaat** per jaar bespaart.

- genetische aanleg. Uit onderzoek blijkt dat er veel genetische variatie is in voerefficiëntie van melkkoeien en dat 30% van deze variatie kan worden verklaard door genetische aanleg (De Haas e.a., 2011). Van Duinkerken e.a. (2007) laten een variatie in voederconversie zien van circa 0,65 tot 0,80 kg ds/kg melk bij eenzelfde productieniveau. Een landelijke verbetering van de voederconversie met 0,01 eenheid (dus van bijvoorbeeld 0,76 naar 0,75 kg ds/ kg melk) levert al een besparing van bijna 2 mln. kg fosfaat op. Er is nog geen fokwaarde voor voerefficiëntie, maar door als veehouder zelf efficiënte koeien te selecteren, is naar verwachting **0,5 tot 1 mln. kg fosfaat** te besparen.
- op de norm voeren. Hierbij wordt niet specifiek een fosfaatnorm bedoeld, maar i.h.a. iets 'krapper' voeren. 1% minder krachtvoer levert al 0,4 mln. kg minder fosfaat op. Een besparing van **0,4 tot 0,8 mln. kg fosfaat** lijkt reëel.

Meer maïs in het rantsoen

Door meer maïs bij te voeren kan het fosfaatgehalte van het ruwvoer verminderen, waardoor de fosfaatexcretie zal dalen. Maar we moeten ook kijken naar het andere deel van de mineralenkringloop: de bodem en het gewas. De fosfaatnorm voor maïsland is gemiddeld 29 kg fosfaat per ha lager dan voor grasland. Dit is logisch, omdat het gewas maïs uiteindelijk minder fosfaat opneemt dan het gewas gras. WUM berekent de maatregel 'verhoging snijmaïsareaal met 10%' (pers. med. Jeanet Brandsma). Zij berekenen dat dit landelijk de fosfaatexcretie met 1,9 mln. vermindert.

In praktijk zal deze maïs grotendeels worden verbouwd op percelen die nu als grasland in gebruik zijn. 10% meer maïsland betekent dan 23.181 ha (op basis van cijfer CBS) grasland dat wordt omgezet in maïsland. Dit is een afname van de gebruiksruimte met 0,67 mln. kg fosfaat. De netto winst van meer maïs is daarmee $1,9 - 0,67 = 1,2$ mln. kg fosfaat. Samengevat:

- Bij een 5% groter maisareaal is de 'fosfaatwinst' **0,6 mln. kg fosfaat**.
- van 10% groter maisareaal is de fosfaatwinst 1,2 mln. kg fosfaat.

We gaan hier uit van een beperkte toename van het maïsareaal, omdat het omzetten van grasland in maïsland soms moeilijk is; deels is grasland niet geschikt voor maïsland. Daarnaast is er binnen het GLB juist aandacht voor behoud van permanent grasland.

Door deze rantsoenmaatregelen gezamenlijk op te pakken lijkt het haalbaar totaal **3,5 tot 5 miljoen kg fosfaat** te besparen.

Verhogen fosfaatefficiëntie van het gewas

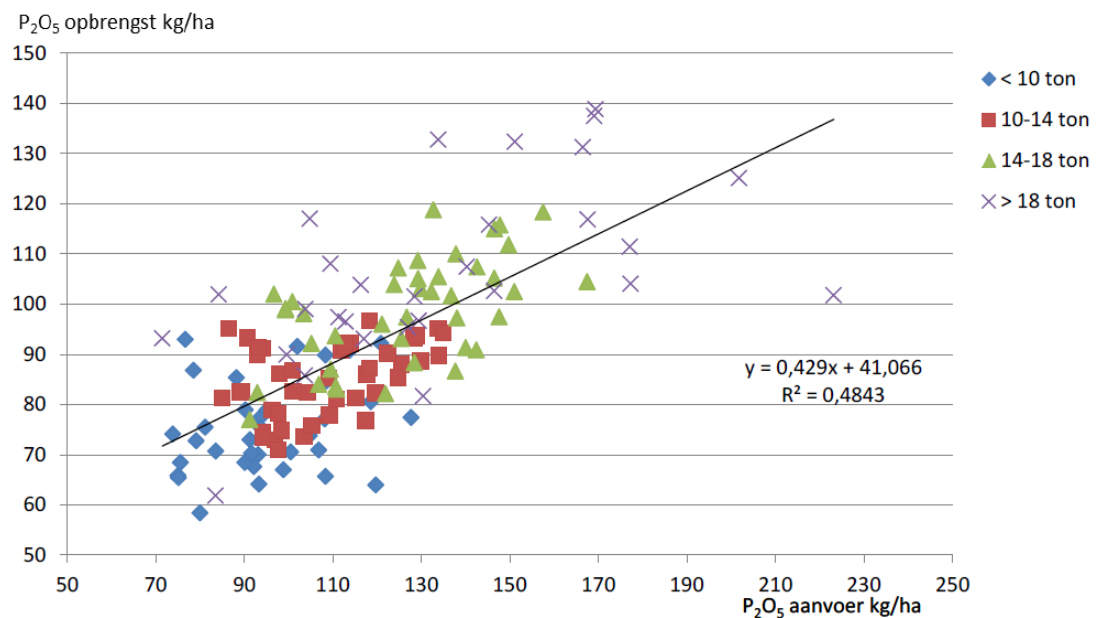
De fosfaatefficiëntie van het gewas is tussen 1990 en 2010 toegenomen van circa 50% naar circa 80% (zie onderstaande figuur). De fosfaatefficiëntie van het gewas wordt als volgt berekend:

Output van fosfaat van de bodem (=gewas) / Input van fosfaat in de bodem (=mest)



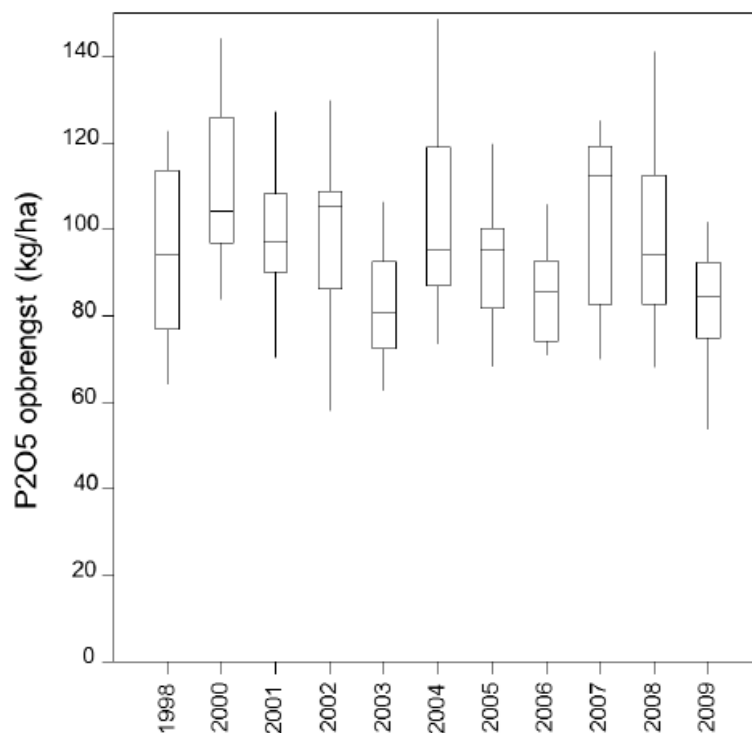
Figuur 1.4 Stikstof- en fosfaatefficiëntie = benutting van stikstof en fosfor bij plantaardige productie (bron: CBS, 2012).

CBS (2012) geeft aan de gewasbenutting van fosfaat in de bodem in 2009 gemiddeld 82% was. De fosfaatopbrengst in kg per ha kan sterk verschillen tussen bedrijven. Onderstaande figuur uit Oenema et al. (2012) laat de relatie zien tussen input van fosfaat (X-as) en de opbrengst van grasland (Y-as). De fosfaatefficiëntie van het gewas is de waarde op de Y-as gedeeld door de waarde op de X-as. Bij een gift van 90 kg fosfaat per ha (de norm in 2015) varieert de opbrengst in de vorm van gras van circa 60 tot ruim 110 kg fosfaat per ha. Dat is een variatie in efficiëntie van 67% tot 122%. Een efficiëntie van meer dan 100% is op de lange termijn niet duurzaam; de afvoer is dan groter dan de aanvoer en de bodem wordt uitgemijnd.



Figuur 1.5 Relatie tussen de aanvoer van fosfaat naar de bodem en de fosfaatopbrengst van grasland (bron: Oenema et al., 2012).

Figuur 1.6 geeft de fosfaatopbrengst op grasland van Koeien en Kansen bedrijven weer in verschillende jaren. Daaruit blijkt ook dat er grote verschillen in opbrengst zijn tussen jaren en tussen bedrijven.



Figuur 1.6 Fosfaatopbrengsten van grasland van Koeien en Kansen bedrijven. De boxjes geven het 25-75% bereik en de verticale lijnen het 5-95% bereik. Het horizontale streepje is de mediaan (bron: Oenema et al., 2012).

Op basis van de trend in figuur 1.4 en de grote variatie in de figuren 1.5 en 1.6 lijkt een efficiëntieverbetering van gemiddeld 82% naar gemiddeld 95% haalbaar. CBS (2012) geeft de fosfaatinput- en outputstromen voor de Nederlandse landbouw als geheel. Deze cijfers hebben we gebruikt om te berekenen dat bij een fosfaatgebruiksruimte van 135 mln. kg in 2020 en een verhoging van de fosfaatefficiëntie van 82 naar 95% in totaal **3 mln. kg fosfaat** extra wordt benut t.o.v. 2009. Zie onderstaande tabel voor de berekeningswijze, waar we zien dat de fosfaatproductie in ruwvoer stijgt van 94 naar 97 mln. kg (bij een afname van de input op land van 151 mln. in 2009 naar 135 in 2020).

Tabel 1.3 Fosfaatstromen (in mln. kg) binnen de landbouw in Nederland in 2009 (bron: CBS, 2012) en schattingen voor 2020 met aanname dat gewasefficiëntie 95 % wordt.

	2009	2020
Input dierlijke mest (a)	135	135 = gebruiksnorm
Input kunstmest + overig (b)	16	
Afvoer met gewas (c)	124	95% van 135 = 128
Waarvan ruwvoer (d)	94	76% van 128 = 97 mln. kg
Gewasefficiëntie = $c / (a+b)$	82%	95%
Aandeel ruwvoer = d/c	76%	

Bemesting op basis van gewasopbrengst

De regelgeving gaat uit van fosfaatevenwichtsbemesting vanaf 2015. Dit wordt ingevuld door gebruiksnormen. Uit voorgaande overzichten blijkt dat op een deel van de bedrijven de fosfaatopbrengst meer is dan 90 kg per ha. Dit zou betekenen dat deze bedrijven meer dan 90 kg fosfaat kunnen bemesten, en daarmee toch aan de eis van evenwichtsbemesting voldoen. Dit is wettelijk echter niet toegestaan. Mocht deze bedrijfsspecifieke bemesting in de toekomst wel toegestaan worden, dan kan hierdoor de fosfaatplaatsingsruimte circa **1 mln. kg fosfaat** toenemen. Dit vereist echter wetsaanpassing.

Verlengen levensduur

Het milieutechnisch voordeel van een lager vervangingspercentage bestaat uit:

- Hogere melkproductie per koe, met bijbehorende lagere excretie per 100 kg melk.
- Minder jongvee, met bijbehorende lagere excretie.

Onderstaande tabel geeft uitgangspunten weer op basis waarvan CLM (Elferink en Rougoor, 2010) berekeningen heeft uitgevoerd naar de effecten van verlengen van de levensduur van melkvee. Deze zelfde cijfers hebben we nu als basis genomen voor onze berekeningen.

Tabel 1.4 Uitgangspunten voor de berekening van fosfaateffecten van een langere levensduur melkkoeien.

Basisgegevens	
Productie vaars (kg melk/jr.)	7287
Productie 2 ^{de} kalfkoe	7558
Productie 3 ^{de} lactatie	7805
Productie 4 ^{de} lactatie	8055
Uitgangssituatie	
Gemiddelde levensduur	3,5 lactaties
Vervangingspercentage	33%
Nieuwe situatie	
Gemiddelde levensduur	4,5 lactaties
Vervangingspercentage	26%

Uit de berekeningen komt naar voren dat:

- Verlenging van de gemiddelde levensduur van de Nederlandse melkveestapel met 0,5 lactatie (d.w.z. circa 10% minder jongvee) in 2020 (bij een toename van de totale melkproductie met 20%) de fosfaatexcretie met **2,4 mln. kg** zal verminderen.
- Verlenging van de gemiddelde levensduur van de Nederlandse melkveestapel met 1 lactatie (d.w.z. circa 20% minder jongvee) in 2020 de fosfaatexcretie met **4,3 mln. kg** zal verminderen.

We hebben dit effect ook uitgesplitst naar effect van minder jongvee en effect van stijging in productie. Dit staat in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 1.5 Effect van verlenging levensduur, uitgesplitst naar effect van minder jongvee en effect van een hogere productie per koe per jaar.

	Effect van minder jongvee	Effect van hogere productie / koe / jr.	TOTAAL
0,5 lactatie	2,2 mln. kg	0,2	2,4
1 lactatie	4,0	0,3	4,3

Deze resultaten komen overeen met de schatting die we hebben gemaakt hebben op basis van cijfers van Gosselink en Sebek (2012). Hieruit komt naar voren dat 10% minder jongvee leidt tot 2,6 miljoen kg minder fosfaatexcretie. De haalbaarheid van deze maatregel is wel een punt van aandacht. Uit een enquête die het LEI vorig jaar heeft gehouden onder BIN-melkveebedrijven blijkt dat het aanhouden van minder jongvee door melkveehouders niet als een aantrekkelijke maatregel wordt gezien. Juist het minder jongvee aanhouden geeft een belangrijke verlaging van de fosfaatexcretie bij de maatregel 'verlengen levensduur'.

Productie per koe verhogen

In de uitgangssituatie hebben we aangenomen dat de melkproductie per koe jaarlijks de komende jaren met ruim 60 kg zal stijgen. Dit is gebaseerd op praktijkcijfers van PZ over de periode 2000-2011. We hebben berekend wat het betekent als de melkproductie in 2020 op een 5% of 10% hoger niveau zou liggen dan kan worden verwacht bij een jaarlijkse toename met 60 kg. Op sectorniveau heeft dit het volgende effect:

- Bij een 5% extra stijging van de productie zal de totale fosfaatexcretie **2,3 miljoen kg** lager zijn.
- Bij een 10% extra stijging van de productie zal de totale fosfaatexcretie **4,1 miljoen kg** lager zijn.

Mestverwerking

Mestverwerking via vergisting/raffinage en fosfaat afzetten buiten de sector (dubbel doel: klimaat en fosfaat). **1 mln. kg** fosfaat vanuit de rundveehouderij wordt op dit moment al verwerkt. Om meer fosfaat te kunnen verwerken zijn meer initiatieven en investeringen vereist.

In een brief aan de Tweede Kamer (d.d. 29 juni 2012) geeft toenmalig staatssecretaris Bleker aan dat de verwachting is dat de toekomstige wetgeving t.a.v. mestverwerking betekent dat in 2013 ruim 5 mln. kg fosfaat moet worden verwerkt, oplopend tot circa 28 miljoen kg in 2015. De Koeijer e.a. (2012) hebben deze cijfers uitgesplitst naar verschillende sectoren en komen dan tot een verplichte verwerking van 0,6 mln. kg fosfaat door de rundveehouderij in 2013 en 3,7 mln. kg in 2015.

Samenvattende tabel

Onderstaande tabel vat de effecten van verschillende opties in 2020 samen. Autonome ontwikkeling staat wel genoemd, omdat dit onderdeel vormt van de efficiëntieverbetering, maar dit nemen we niet mee in de extra mogelijkheden totaal. Ook 'nog twee extra lactaties erbij' is hierbij niet meegenomen, omdat dit in praktijk moeilijk realiseerbaar lijkt.

Om dubbeltelling te voorkomen is van het effect van verlenging van de levensduur alleen 'minder jongvee' opgenomen. Daarnaast is er een effect op de productie. Dit wordt echter ook apart weergegeven en zou dus een dubbeltelling zijn.

Tabel 1.6 Samenvattend overzicht van maximaal mogelijke maatregelen en een meer realistisch haalbare schatting om het P₂O₅ gat te dichten, waarbij de fosfaatefficiëntie in dier en in bodem/gewas apart worden weergegeven.

Maatregel	Effect in 2020 (mln. kg fosfaat)					
	Maximaal haalbaar			Realistisch haalbaar		
Productiestijging:		+10 %	+20 %		+10 %	+20 %
Meer mais in het rantsoen	+10%	-1,1	-1,2	+5%	-0,6	-0,6
Verbetering voederconversie		-3,5	-3,8		-2,7	-2,9
Verhogen bodem/gewas-efficiëntie van 82 naar 95%		-2,8	-3		-2,8	-3
Bemesting op basis van gewasopbrengst		-0,9	-1		0	0
Minder jongvee	-20%	-3,7	-4,0	-10%	-2,0	-2,2
Extra productiestijging*	+10%	-3,8	-4,1	+5%	-2,1	-2,3
TOTAAL		16	17		10	11

* Dit is bovenop de productiestijging die als autonome ontwikkeling wordt verondersteld.

Door concrete maatregelen op dier- en gewasniveau lijkt bij een productiestijging met 20% in 2020 een extra besparing mogelijk van 11 mln. kg fosfaat door verbetering van de fosfaatefficiëntie (naast 3,6 miljoen kg fosfaatwinst waar we in tabel 1.1 al vanuit gaan, vanwege autonome melkproductieverhoging). En als door alle melkveehouders 'alles uit de kast' wordt gehaald, kan maximaal 17 miljoen kg fosfaat worden bespaard.

Naast deze verlaging van de fosfaatexcretie door verbetering van de fosfaatefficiëntie kan de plaatsingsruimte voor de melkveehouderij worden verhoogd door bestaande mestafzetafspraken te formaliseren. Hierdoor zal 5 tot 7 miljoen kg fosfaat extra kunnen worden afgezet.

1.5 Discussiepunten

In dit hoofdstuk gaan we in op de vraag of alle mogelijkheden om de fosfaatefficiëntie te verhogen, in deze studie zijn beschreven. Hierbij kijken we naar:

- fosfaatinput op melkveebedrijven;
- fosfaataanwending;

- mogelijk ontbrekende kennis;
- voederverliezen;
- haalbaarheid van de maatregelen en stappen in de tijd.

Fosfaat input op melkveebedrijven

Zitten we echt aan de ondergrens aan fosfaat in het rantsoen? Zowel in gehalte in voer, maar bijvoorbeeld ook qua verteerbaarheid van de fosfaat component? Kan innovatie hier nog ruimte bieden?

Fosfaat in het rantsoen: de algemene mening is dat verdere verlaging van fosfaat in krachtvoer door de veevoerindustrie (te) duur is, omdat dit grote wijzigingen in de samenstelling van het voer betekent.

Of een verbetering van de veevoerfosfaatefficiëntie in de koe mogelijk is, is niet duidelijk. Provimi vermeldt op haar website dat de toevoeging van fytase aan het rantsoen bij melkvee niet effectief zou zijn. Van Krimpen et al. (2012) geven aan dat meer onderzoek nodig is naar de mogelijkheden tot gebruik van fytase in rundveevoer om de fosfaatefficiëntie te verbeteren. De pensflora van herkauwers beschikt over het enzym fytase. Maar of extra toevoeging aan het voer extra zal bijdragen, lijkt niet duidelijk. Mogelijk biedt innovatie hier dus ruimte.

Advies: Deze laatste vraag voorleggen aan veevoerdeskundige.

Fosfaataanwending

Wat is hier nog te halen? Bijvoorbeeld door de bodem nog beter zijn werk te laten doen om fosfaat vast te houden en de plant vervolgens te voeden.

Dit is verwerkt in de maatregel 'verhogen van de fosfaatefficiëntie van het gewas'. Daar gaan we uit van een verhoging van de efficiëntie van het gewas van 82 naar 95%. Dit houdt dus in dat van de aangevoerde fosfaat uiteindelijk 95% in het gewas komt. In theorie kan dit natuurlijk 100% worden. Het is echter niet reëel te veronderstellen dat alle bedrijven dit kunnen realiseren.

Totaalanalyse?

Is er of moeten we die laten maken dit jaar, een totaal analyse over fosfaat en waar nog kennis mist en redelijkerwijze wel efficiëntie te halen valt?

Zie boven: aandacht voor de vraag of fosfaatefficiëntie van voer kan worden verbeterd. Grootste aandachtspunt is daarnaast naar mijn mening niet op welke plaatsen efficiëntiewinst valt te behalen, maar hoe dat in praktijk plaats zal vinden: hoe kunnen melkveehouders worden gestimuleerd om daadwerkelijk de levensduur van de melkkoeien te verlengen? Nauwkeuriger te voeren? Etc.

Voederverliezen

Welke reductie qua voederverliezen is haalbaar? Is dat die genoemde 3%?

Onderstaande tabel (bron: Handboek Melkveehouderij 2011) geeft inzicht in de verliezen tijdens voederwinning, bewaring en vervoeding van kuilgras en de variatie hierbinnen.

Tabel 1.7 Verliezen tijdens voederwinning, bewaring en vervoeding van gras-kuil.

Soort verlies	Kwantitatief/ kwalitatief	Verliesposten	Opmerkingen	DS-verlies (%)	VEM-waarde daling (%)	VEM-verlies (%)
Veldverliezen	Kwantitatief	Maaien	Zonder kneuzer	0	-	0
			Met kneuzer	1,2-2,0	-	1,2-2,0
		Schudden wiersen en laden	Afhankelijk van veldperiode Bij 3500 kg ds/ha	2,4-6,4 1,7-4,3	- -	2,4-6,4 1,7-4,3
	Kwalitatief	Ademhaling		0,5-2		
		Micro-organismen		0-2	0-3	0,5-11,7
		Uitloging		0-4		
		<i>Subtotaal veldverliezen</i>		5,3-20,7	0-3	5,8-23,5
Conserverings- en bewaringsverliezen	Kwalitatief	Conservering	Vochtig < 35% ds, matig/slecht	9-15	5-13	13,5-26,1
			Vochtig < 35% ds, goed	5-8	3-4	7,9-11,7
			Voordroog > 35% ds	3-4	2-3	4,9-6,9
		Perssap	> 28% ds	0	0	0
			20-28% ds	0-2	0-1	0-3
		Bewaringsverliezen	Bij 6 maand bewaring	1,2-6	1,2-2,4	2,4-8,3
		<i>Subtotaal conservering en bewaring</i>		4,2-23	3,2-16,4	7,3-37,4
Vervoeding	Kwantitatief	Uithalen, transport en voerresten		3-7	0	3-7
	Kwalitatief	Broei		0-12,5	0-5	0-16,9
		<i>Subtotaal vervoeding</i>		3-19,5	0-2	3-23,9

Bron: [Rapport 403](#) van Wageningen UR Livestock Research

De totale voederwaardeverliezen op het veld hangen vooral af van de veldperiode en de weersomstandigheden en kunnen variëren van bijna 6% tot ruim 23%. Wanneer het gras voldoende voorgedroogd (>35% ds) en ingekuild wordt volgens GLP, kunnen de conserverings- en bewaringsverliezen beperkt blijven tot 7-8% van de voederwaarde. Onder zeer slechte omstandigheden kan dit oplopen tot 37-38%. De totale vervoederingsverliezen kunnen variëren van 3% tot bijna 24% van de voederwaarde bij veel problemen met broei (van Schooten en Philipsen, 2010). Voor mais geldt ook dat inkuilverliezen sterk kunnen variëren; een hoog DS-percentage (=rijpere mais) geeft minder kans op inkuilverliezen. Daardoor kunnen inkuilverliezen bij mais variëren van 4 tot 15%.

Net als voor de andere maatregelen (verlengen levensduur etc.) geldt ook hier dat in individuele gevallen duidelijk meer dan 3% winst kan worden geboekt en dat het moeilijk is een inschatting te maken wat elk melkveebedrijf in Nederland kan realiseren. Dit blijft 'een toekomstverwachting'. Daarom gaan we uit van een relatief kleine verbetering van 3%.

Haalbaarheid en stappen in de tijd

In paragraaf 4.1. hebben we berekend dat een stijging van de totale fosfaatefficiëntie van 27 naar 33% resulteert in een extra daling van de fosfaatexcretie van 18 miljoen kg in 2020. Dit wordt op dit moment al gerealiseerd door Koeien & Kansen bedrijven. We gaan er in deze studie van uit dat 'de gemiddelde melkveehouder' kans ziet om in 8 jaar tijd (van 2012 tot 2020) ruim de helft van deze efficiëntieslag te realiseren (11 miljoen in vergelijking met 18 miljoen).

Hiervoor is het wel noodzakelijk dat de melkveehouders de noodzaak hiervan onderkennen en de begeleiding en instrumenten krijgen om hiermee aan de slag te gaan. Als de komende jaren wordt gewerkt aan de implementatie van deze begeleiding en de instrumenten, kan over enkele jaren (vanaf 2015) een eerste effect worden verwacht. Maar dit zal nog beperkt zijn; het eerste jaar waarin een instrument wordt toegepast, zal vooral een leereffect hebben. De melkveehouder krijgt inzicht in welke maatregelen op zijn of haar bedrijf effectief kunnen zijn. In de jaren daarna (vanaf 2016) zullen de grootste stappen gezet moeten worden. Na enkele jaren zal het effect weer minder worden, omdat de meest eenvoudige maatregelen (het 'laaghangend fruit') al genomen zijn en een verdere verbetering steeds verdergaande fine tuning vergt.

2 Gevolgen voor de broeikasgasemissies _____

Emiel Elferink

Aanvullend op de berekeningen van de effecten van maatregelen op de fosfaatexcretie heeft het CLM uitgerekend wat de effecten van de maatregelen zijn op de broeikasgasemissies vanuit de Nederlandse melkveehouderij.

2.1 Inleiding

Hoofdstuk 1 geeft de effecten weer van mogelijke maatregelen op de fosfaatexcretie in 2015 en 2020. Aanleiding hiervoor was de brief van Staatssecretaris Dijkzma van Economische Zaken van 18 januari 2013 waarin zij "het bedrijfsleven heeft uitgenodigd om binnen enkele maanden te komen met (...) aanvullende maatregelen, gericht op de realisatie van de doelen van het mestbeleid. (...) Mocht blijken dat de sector deze verantwoordelijkheid niet waar kan maken, dan is ingrijpen van de overheid in de omvang van de veehouderij onvermijdelijk."

Royal FrieslandCampina heeft CLM Onderzoek & Advies gevraagd de effecten van deze fosfaat reducerende maatregelen op broeikasgasemissies door te rekenen, vanwege de wens om groei binnen de melkveehouderij emissieneutraal te realiseren.

Het gaat om de volgende maatregelen om de fosfaatefficiëntie te verhogen, of de plaatsingsruimte te vergroten:

- Verhogen van de fosfaatefficiëntie in het rantsoen (totaal 3,5 tot 5 mln. kg fosfaat):
 - Minder voederverliezen.
 - Verbeteren van genetische aanleg voor voerefficiëntie.
 - Op de norm voeren.
- 5 tot 10% meer mais in het rantsoen.
- Verhogen van de fosfaatefficiëntie van het gewas.
- Verlengen levensduur melkvee met 0,5 tot 1 lactatie.
- Verhogen van de productie per koe met 5% tot 10%.
- Verwerken van mest.

De effecten van deze maatregelen op broeikasgasemissies worden hieronder eerst kwalitatief beschreven (paragraaf 2.2) en doorgerekend voor 2020. De (kwantitatieve) resultaten staan in paragraaf 2.3.

Tabel 2.1 Uitgangspunten voor de berekening voor 2020 is de analyse van Elferink en Rougoor (2010), de update voor 2012 van Elferink (2013) en hoofdstuk 1 van deze rapportage.

Scenario	Totale melkproductie (miljoen kg)	Totaal aantal melkveebedrijven	Gem. productie per koe (kg)	Totaal aantal melkkoen	Gem. aantal koeien per bedrijf	areaal (ha)
2009	11.452	20.746	7.811	1.466.134	71	932.688
2012	11.670	18.680	8.198	1.483.990	79,4	945.500
2020 ref 10%	12.833	10.083	8.600	1.529.000	142	940.000
2020 ref 20%	14.000	11.000	8.600	1.668.000	142	940.000

De berekeningen worden gebaseerd op de volgende aannames voor 2020 via extrapolatie t.o.v. 2009:

- veevoerbehoefte/ koe stijgt met 10,2%;
- mestproductie/koe stijgt met 10,6%;
- emissiefactor methaan uit mest stijgt met 5,5%;
- pensfermentatie koe 141 kg methaan/ koe;
- pensfermentatie jongvee 27 kg methaan/ jongvee;
- emissiefactor elektriciteit daalt met 7,6%.

Overige aannames:

- verhouding ruwvoer/ krachtvoer blijft gelijk t.o.v. 2009;
- samenstelling krachtvoer (wat betreft grondstoffen) blijft gelijk t.o.v. 1990;
- N-kunstmest gebruik (grasland en maïsland) blijft gelijk;
- energieverbruik per NGE en ha blijft constant;
- vervangingspercentage blijft gelijk.

Bovenstaande uitgangspunten geven de verwachte autonome ontwikkeling weer.

2.2 Beschrijving van de maatregelen

Verbeteren van de fosfaatefficiëntie in het rantsoen

Voor het verbeteren van de fosfaatefficiëntie gaan we uit van:

- Voederverliezen in de gehele keten verminderen met 3%.
- Het verbeteren van de voederconversie door te selecteren op genetische aanleg. De voederconversie wordt hierdoor met 0,01 kg ds/kg melk verbeterd.
- De huidige VEM-dekking is vastgesteld op 102% van de voederbehoefte. Door krappere voeding ofwel op de norm voeren kan het veevoer gebruik met 1% dalen.

Deze maatregel heeft de volgende effecten op de broeikasgasemissies:

Effect op lachgas (N_2O):

- Door de voederconversie te verbeteren daalt de N-excretie en daarmee de lachgasemissies van de sector.

Effect op kooldioxide (CO_2):

- Door de voederconversie te verbeteren daalt het veevoer verbruik en daarmee de emissies voor productie van veevoer.

Effecten op methaan (CH_4):

- Door minder te voeren daalt de penswerking per koe en daarmee de methaan-emissies.

Meer maïs in het rantsoen

In voorgaand hoofdstuk is uitgegaan van 10% meer maïs in het rantsoen ten koste van gras. Aangenomen is dat het aandeel graskuil en snijmaïskuil in het rantsoen ongeveer 50/50 is op basis van VEM en dat het aandeel ruwvoer krachtvoer 60/40 is op basis van VEM. Een toename van 10% maïs geeft een verhouding van 45/55 voor gras en snijmaïs. Uitgaande van een melkproductie van 26 kg melk/dag is dat een verandering van gemiddeld 500 VEM per dag aan meer snijmaïskuil en minder graskuil.

Deze maatregel heeft de volgende effecten op de broeikasgasemissies:

Effect op lachgas (N_2O):

- De lachgasemissiefactoren van dierlijke mest voor grasland zijn lager dan voor maïsland, respectievelijk 5 g/kg N en 10 g/kg N. Voor kunstmest zijn de emissiefactoren voor grasland en bouwland gelijk, te weten 10 g/kg N.
- De stikstofgebruiksnormen op maïsland zijn lager dan op grasland. Respectievelijk 140 kg N/ha/jaar (op zand in 2012) en 320 kg N/ha/jaar (op zand, in 2012, volledig maaien).
- N in gewasresten van maïs heeft een emissiefactor van 3,1 g/ kg N. N in gewasresten is gemiddeld 22 kg N/ha.
- Het areaal snijmaïsland neemt op basis van opbrengst en VEM verschillen toe met 23.181 ha terwijl het areaal grasland afneemt met 28.136 ha. Daarbij is aangenomen dat de opbrengst van snijmaïs ongeveer 13 ton ds snijmaïs/ha is en dat voor grasland de opbrengst 10 ton ds kuilgras/ha is (Aarts et al). En dat de gemiddelde voederwaarde van graskuil 888 VEM /kg ds is en van snijmaïskuil 912 VEM /kg ds (Productschap Diervoeder, 2012).

Effect op kooldioxide (CO_2):

- In grasland wordt meer organische stof vastgelegd dan in maïsland. Bij het omzetten van grasland naar maïsland wordt organische stof afgebroken waardoor koolstof vrijkomt en het potentieel om koolstof vast te leggen afneemt.
- Op grasland is het dieselverbruik lager dan op maïsland. Het jaarlijkse dieselverbruik neemt dan toe met gemiddeld 20 liter diesel/ha.

Effecten op methaan (CH_4):

- Meer maïs in het rantsoen verlaagt de methaanemissies vanuit de pens. Gras heeft een emissie van 19,79 g CH_4 / kg ds en maïs heeft een emissie van 16,39 g CH_4 /kg ds. Door deze maatregel dalen de methaanemissies uit de pens met 1%.

Verhogen fosfaatefficiëntie van bodem en gewas

In voorgaand hoofdstuk is aangenomen dat de fosfaatefficiëntie van de bodem en het gewas verbetert van 82% naar 95% tussen 2009 en 2020. Hier is uitgegaan dat dit een lineaire efficiëntieverbetering is over de jaren wat overeenkomt met een efficiëntieverbetering van gemiddeld 1,1% per jaar.

Deze maatregel heeft de volgende effecten op de broeikasgasemissies:

Effect op kooldioxide:

- In 2009 werd 135 miljoen kg fosfaat in de vorm van dierlijke mest uitgereden en 16 miljoen kg P-kunstmest. Door het verhogen van de fosfaatefficiëntie is in 2020 geen input van P-kunstmest meer nodig. Van de fosfaatstromen is 76% toe te schrijven aan ruwvoerproductie, waarvan 80% toe te schrijven is aan de melkveehouderij (Elferink en Rougoor, 2010). Ten gevolge van fosfaat-efficiëntieverbeteringen in de melkveehouderij is er 6,5 miljoen kg minder fosfaat kunstmest nodig in 2020 t.o.v. 2012.
- Aangezien er minder fosfaatkunstmest hoeft te worden uitgereden zal dit een effect hebben op het dieselverbruik. Per hectare scheelt dit 7,6 liter diesel per keer strooien (ASABE technical data). Uitgaande van 80 kg fosfaat/ha is dit een reductie van 0,7 miljoen liter diesel.

Effect op lachgas:

- Omdat er minder kunstmest wordt uitgereden komt er minder lachgas vrij als gevolg van bodemverdichting. Dit effect verschilt sterk per grondsoort en per melkveehouder en wordt hier als verwaarloosbaar ingeschat.

Effecten op methaan (CH₄):

- Er zijn geen significante effecten bekend van het verhogen van de fosfaat efficiëntie van gewassen op de methaan emissies uit de melkveehouderij.

Verminderen jongvee

Door de levensduur van melkkoeien te verlengen wordt minder jongvee aangehouden te vervanging van de melkkoeien.

In voorgaand hoofdstuk is een levensduur verlengingsscenario van 0,5 lactatie en 1 lactatie doorgerekend.

Een levensduurverlenging van 0,5 lactatie en 1 lactatie geeft respectievelijk een vervangingspercentage van 30% en 26%.

Deze maatregel heeft de volgende effecten op de broeikasgasemissies:

Effect op lachgas (N₂O):

- de N-excretie van jongvee vermindert evenredig met de afname in jongvee.

Effect op kooldioxide (CO₂):

- door een lager vervangingspercentage is evenredig minder veevoer nodig.

Effect op methaan (CH₄):

- de methaanemissies uit mest en pens van jongvee daalt

Productie per koe verhogen

Jaarlijks stijgt de melkproductie per koe met gemiddeld 60 kg/koe/jaar (zie hoofdstuk 1). Het effect van deze autonome stijging is meegenomen in alle broeikasgas

berekeningen voor 2020. Bovenop deze autonome stijging is een scenario uitgewerkt van een extra melkproductiestijging per lactatie van 5% en 10% in 2020.

Een melkproductiestijging van 5% of 10% geeft een evenredige afname in omvang van de gehele sector bij een gelijkblijvend productieniveau. We nemen aan dat het aantal bedrijven en aantal stuks vee evenredig afnemen. De broeikasgas emissiebronnen dalen hierdoor omgekeerd evenredig met de veronderstelde toenames in melkproductie.

Een productiestijging gaat gepaard met een hogere VEM behoefte. Uitgaande van een melkproductie van 8600 kg/jaar en een lactatieperiode van 305 dagen is de melkproductie 28,2 kg melk /dag een stijging van 5% en 10% resulteert in een melkproductie van respectievelijk 29,6 kg melk/dag en 31 kg melk/dag. Dit resulteert in een extra VEM behoefte van respectievelijk 650 VEM/dag en 1300 VEM/dag.

Mestverwerking

Mest kan op verschillende manieren worden verwerkt e.g. met en zonder coproduct, kleinschalig of juist grootschalig, decentraal of centraal. Mestverwerking draagt bij aan de verandering in broeikasgassen door:

- het vervangen van energie van fossiele herkomst door energie uit biogas gewonnen uit mestvergisting;
- verandering van broeikasgasemissies uit stal en mestopslag en aanwenden digestaat i.p.v. onverwerkte mest;
- het cultiveren, oogsten en transporteren van coproducten (energiegewassen, grassen, etc.).

Met mest(co)vergisting is het mogelijk (een deel van) de broeikasgasemissies uit de landbouw te compenseren.

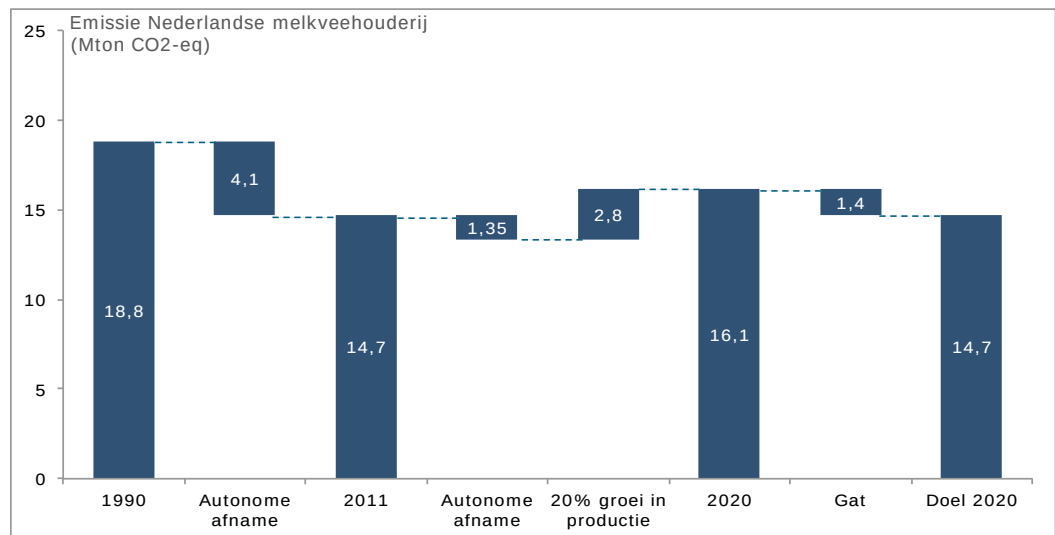
De grootte van het reducerende effect is afhankelijk van verschillende factoren zoals:

- Soort coproduct: dit bepaalt in belangrijke mate de energie opbrengst en daarmee de CO₂-besparing. Daarnaast is het van belang wat de oorspronkelijke bestemming was van het product. Snijmaïs bijvoorbeeld wordt in de oorspronkelijke situatie gebruikt als veevoer. Bij co-vergisting krijgt het een andere energie bestemming, daarom dient bij gelijkblijvende vraag naar veevoer snijmaïs vervangen te worden door een ander veevoer. Als de productie en aanwending van dit nieuwe veevoer een hoger broeikaseffect heeft, vermindert de totale reductie of nemen de emissies zelfs toe in de nieuwe situatie t.o.v. de oorspronkelijke situatie.
- Het soort mest: afhankelijk van het dier, jongvee, melkvee, en het rantsoen kunnen grote verschillen ontstaan in het organisch stof gehalte van mest. Hierdoor kan de biogasopbrengst tot 100% verschillen (Moller, 2004).
- Het type mest(co)vergistingsinstallatie: er zijn verschillende installaties die onderling verschillen in rendement.
- De omvang van de installatie: kleinschalige installaties hebben een lager rendement dan grootschalige installaties. Echter voor grootschalige installaties is meer mest en co-product nodig. Wanneer deze moeten worden aangevoerd neemt het rendement af.
- Locatie van de installaties: voor het rendement is van belang dat de installatie gelegen is dichtbij de mest en co-producten en daarnaast dichtbij een afzetmarkt ligt voor de energieproducten warmte en elektriciteit. Is dit niet het geval dan neemt de voorspelde reductie per ton mest af.

In deze analyse is gekeken naar een mest-monovergister en een mest covergister. Bij de mest monovergister is uitgegaan van de analyse van E-kwadraat in opdracht van Royal FrieslandCampina (2012) en bij de mest covergister is uitgegaan van de analyse van Gebrezgabher (2009) in opdracht van Royal FrieslandCampina.

2.3 Broeikasgasemissie na de maatregelen

Onderstaande figuur geeft een overzicht van de gerealiseerde reductie sinds 1990 tot 2011 en de verwachte ontwikkeling tot 2020 met een autonome ontwikkeling zonder groei en met een groei van 20% in melkproductie. Het doel is om tot 2020 de toename in melkproductie klimaatneutraal te laten groeien t.o.v. 2011. Volgens de prognose geeft dat een broeikasgasemissiegat van 1,4 Mton CO₂-eq. Bij een groei van de melkproductie met 10% is dit gat slechts 0,05 Mton CO₂-eq.



Figuur 2.1 Overzicht van de ontwikkeling in broeikasgasemissies van 1990 tot 2011 en de prognose voor 2020 +20% productiegroei.

Tabel 2.2 geeft een samenvattend overzicht van effect van mogelijke fosfaatreducerende maatregelen op de broeikasgasemissie. Net als in het voorgaande hoofdstuk maken we onderscheid in een maximaal haalbare schatting en een meer realistisch haalbare schatting om het P₂O₅ gat te dichten. Tabel 2.2a geeft de opties voor aanvullende maatregelen bij de productiestijging van +20%. Dit is niet nodig voor het scenario met een productiestijging van 10%, omdat daar de fosfaatreducerende maatregelen al voldoende zijn om het gat van 0,05 Mton te dichten.

Tabel 2.2 Samenvattend overzicht van effecten van fosfaatreducerende maatregelen (tabel 2.2a) en als aanvullende broeikasgasmaatregelen (tabel 2.2b) op de broeikasgasemissies van de Nederlandse melkveehouderij.

Tabel 2.2a Effect van fosfaatreducerende maatregelen op broeikasgasemissies in 2020.

Maatregel	Effect in 2020 (Mton CO ₂ -eq)					
	Maximaal haalbaar			Realistisch haalbaar		
Productiestijging:		+ 10 %	+ 20 %		+ 10 %	+ 20 %
<i>Meer mais in het rantsoen</i>	+10%	-0,03	-0,03	+5%	-0,02	-0,02
<i>Verbetering voederconversie</i>		-0,32	-0,35		-0,32	-0,35
<i>Verhogen bodem/gewas-efficiëntie van 82 naar 95%</i>		-0,004	-0,004		-0,004	-0,004
<i>Minder jongvee</i>	-20%	-0,06	-0,06	-10%	-0,03	-0,03
<i>Extra productiestijging</i>	+10%	-0,76	-0,83	+ 5%	-0,37	-0,40
TOTAAL		-1,17	-1,27		-0,73	-0,80

Tabel 2.2b Effecten van aanvullende maatregelen op broeikasgasemissies in 2020 bij een melkproductiestijging van 20 %.

Aanvullende maatregelen	Maximaal haalbaar		Realistisch haalbaar	
Mestverwerking:				
<i>Volledig via monovergister</i>	5 mln. kg	-0,59	2 mln. kg	-0,24
<i>Volledig via covergister</i>	P ₂ O ₅	-0,94	P ₂ O ₅	-0,38
TOTAAL incl. fosfaatmaatregelen (tabel 2.2a)		-1,86 tot -2,21		-1,04 tot -1,18

3 Gevolgen voor de ammoniakemissie _____

Carin Rougoor en Lien Terryn

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk bespreken we de verwachte effecten van de fosfaatmaatregelen op de ammoniakemissie vanuit de melkveehouderij in 2020. Hierbij willen we de volgende nuancerings aanbrengen:

- We gaan in de berekeningen uit van de bestaande kennis. Er is momenteel discussie over de juistheid van de ammoniakemissie bij verschillende mest-aanwendings technieken. Wij hanteren de forfaitaire normen etc. zoals deze tot nu toe in het beleid worden gebruikt.
- We richten ons op de landelijke totale emissie. Dit geeft geen inzicht in plaatselijke effecten. Door plaatselijke uitbreiding van melkveebedrijven kan bijvoorbeeld de ammoniakemissie op een specifiek ammoniakgevoelig gebied meer toenemen dan wenselijk is, terwijl tegelijkertijd de landelijke ammoniakemissie niet toeneemt. Deze studie geeft geen inzicht in deze plaatselijke effecten.

We behandelen in dit hoofdstuk de volgende vragen:

1. Wat was de ammoniakemissie vanuit de melkveehouderij in 2011?
2. Hoe zal de ammoniakemissie vanuit de melkveehouderij zich naar verwachting ontwikkelen tot 2015 en tot 2020, uitgaande van autonome ontwikkeling en 20% groei van de melkproductie?
3. Wat is het effect van de fosfaatmaatregelen op deze ammoniakemissie in 2020?

Hieronder worden deze vragen uitgewerkt.

3.2 Ammoniakemissie melkveehouderij 2011

Onderstaande tabel geeft de ammoniakemissie in Nederland in 2011 volgens www.emissieregistratie.nl.

Tabel 3.1 Ammoniakemissie in Nederland in 2011 in kton (bron: www.emissieregistratie.nl).

Landbouw	100,5		
Waarvan rundvee, waarvan:		53,3	
melkkoeien mestaanwending			21,2
Melkkoeien stalemissie			13,4
Melkkoeien weidemest			0,6
Melkkoeien mestopslag			0,4
Jongvee fokkerij mestaanwending			5,7
Jongvee fokkerij stalemissies			4,5
Jongvee fokkerij weidemest			0,4
Jongvee fokkerij mestopslag			0,2
TOTAAL melkvee en jongvee*			46,5

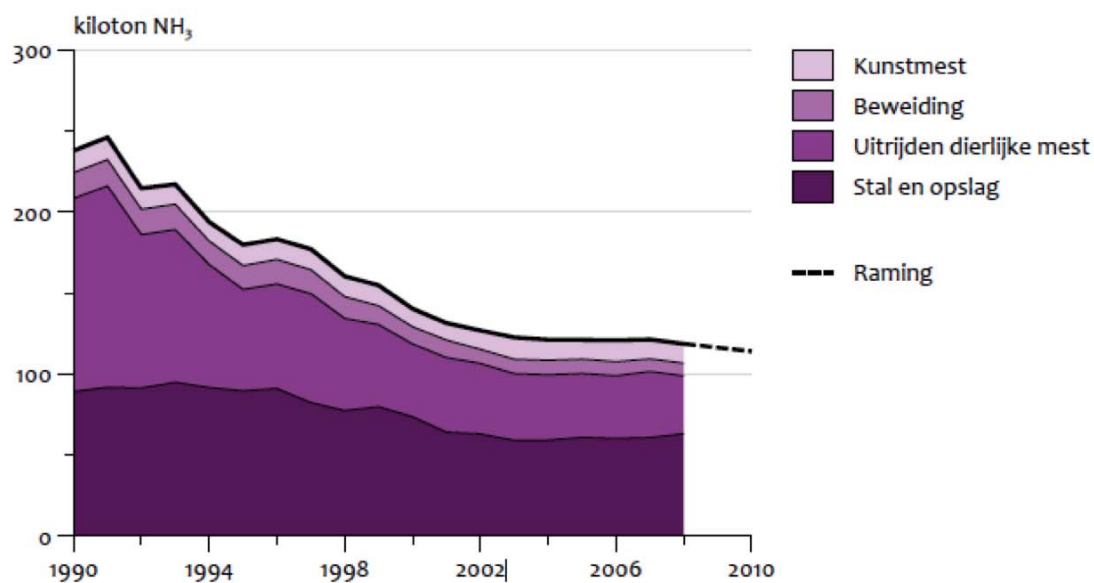
Vervolg tabel 3.1

Landbouw	100,5		
Mesterij, vleeskalveren, zoog- en weidekoeien**			6,8
Varkens		19,8	
Pluimvee		14,0	
Overige dieren		3,0	
Aanwending van kunstmest		10,3	
Buiten de landbouw (industrie, verkeer, consumenten, bouw)	18,2		
TOTAAL	119		

* Dit is minder dan totaal rundvee; mesterij, vleeskalveren en zoog- en weidekoeien zijn hier buiten beschouwing gelaten.

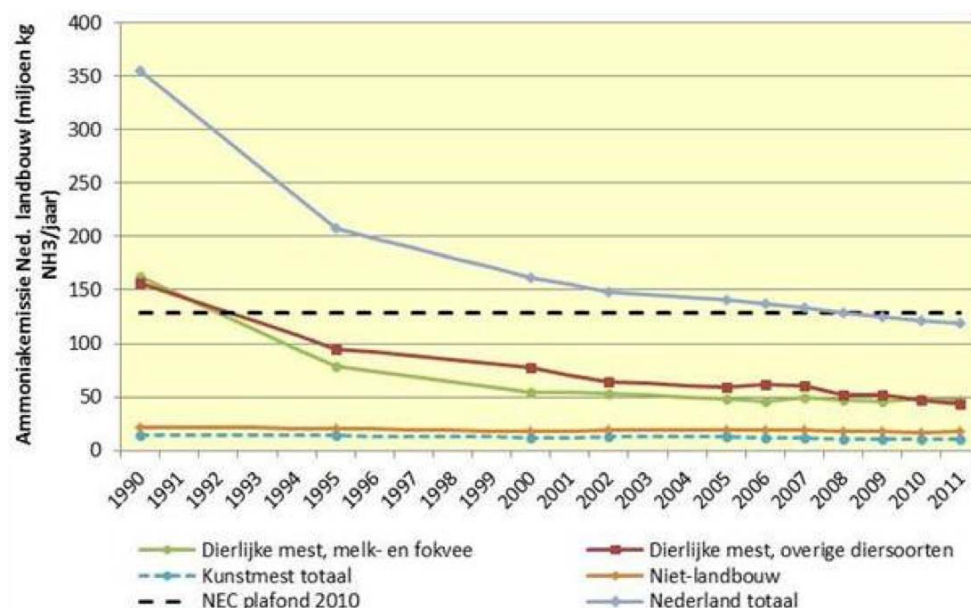
** Berekend als totaal rundvee minus totaal melkvee en jongvee.

Onderstaande figuur geeft een beeld hoe de ammoniakemissie zich de laatste decennia heeft ontwikkeld. Vooral de emissie bij uitrijden van dierlijke mest is in de jaren '90 sterk teruggedrongen.



Figuur 3.1 Ammoniakemissie vanuit de landbouw tussen 1990 en 2008 naar emissiebron (Bron: Milieubalans 2009).

In de sectorrapportage van de Duurzame Zuivelketen wordt de uitsplitsing weergegeven naar mestsoorten: zie onderstaande figuur.



Figuur 3.2 Ammoniakemissie vanuit Nederland tussen 1990 en 2011 naar diersoort (bron: Reijs e.a., 2013).

3.3 Verwachte ammoniakemissie in 2015 en 2020

Om de verwachte ammoniakemissie vanuit de melkveehouderij in 2015 en 2020 te kunnen vaststellen, gaan we uit van de volgende aannames t.a.v. de autonome ontwikkeling:

- De totale melkproductie stijgt 1% per jaar in de jaren 2013, 2014, 2015. Daarna 8% in 2016 en dan verder oplopend tot totaal 20% in 2020. 2011 is referentiejaar.
- Melkproductie per koe per jaar stijgt ieder jaar met 60,55 kg.
- Omdat in de periode 2009 t/m 2011 het ureumgetal redelijk constant is gebleven, gaan we er vanuit dat deze in de autonome situatie gelijk zal blijven aan het ureumgetal in 2011⁷.
- Verdonk en Wetzels (2012) gaan er vanuit dat door aanscherping van de mestgebruiksnormen de ammoniakemissie tussen 2010 en 2020 zal dalen. Doel van onze studie is juist om het effect van groei te bepalen, en groei betekent mestproductie, met het 'risico' van ammoniakemissie. Wij houden dus geen rekening met aanscherping van de gebruiksnormen in onze referentie. Deze lagere gebruiksnormen moeten door de aanvullende maatregelen juist worden gerealiseerd.
- Verdonk en Wetzels (2012) geven aan dat door de implementatie van emissiearme stallen voor varkens en pluimvee de ammoniakemissie landelijk met 8 kton zal dalen tussen 2010 en 2020. Uit de cijfers van www.emissieregistratie.nl blijkt dat tussen 2010 en 2011 de ammoniakemissie vanuit de varkens- en pluimveehouderij al met 3,6 kton is gedaald. We nemen daarom aan dat in de periode 2011 tot 2020 door de bouw van emissiearme stallen met nog 4,4 kton afneemt.

⁷ NB. Dit lijkt een voorzichtige schatting; recente cijfers laten zien dat in 2012 een gemiddeld ureumgehalte van 21,4 mg/100 g is gerealiseerd. Een daling van het ureumgetal met 1,5 mg heeft een daling van de totale ammoniakemissie vanuit de melkveehouderij met circa 0,45 kton tot gevolg. Zie ook paragraaf 3.4.

Op basis van deze aannames berekenen we wat de verwachte wijziging is in forfaitaire N-excretie vanuit de melkveehouderij in 2020. We gaan er vervolgens vanuit dat een vast percentage van de totale N-excretie als ammoniak emitteert. Daarnaast berekenen we met behulp van de CLM-ammoniaklat de te verwachten ammoniakemissie in de uitgangssituatie (2011) en voor 2012. In de volgende paragraaf geven we eerst een korte toelichting bij de ammoniaklat.

3.3.1 De CLM-ammoniaklat

De CLM-ammoniaklat voor de melkveehouderij berekent de ammoniakemissie op bedrijfsniveau. In het model wordt rekening gehouden met de voornaamste emissiepunten: de stal, de mestopslag, de beweiding en de aanwending van dierlijke en kunstmest. De CLM-ammoniaklat is een instrument waarin de ammoniakemissie is gebaseerd op de meest recente wetenschappelijke inzichten en de daadwerkelijke bedrijfskenmerken. In de ammoniaklat wordt gerekend met stalemissies volgende de berekeningen van G.J. Monteny (2000), waarbij gebruik wordt gemaakt van een rekenprogramma (model) dat processen van het ontstaan en ontwijken van ammoniak beschrijft. Dit rekenprogramma is het resultaat van een 7-jarig onderzoek, dat internationaal wetenschappelijk is gepubliceerd. Per emissiepunt wordt hieronder kort weergegeven hoe dit in de CLM-ammoniaklat is opgenomen:

- Stalemissie: De ammoniaklat berekent de stalemissies op basis van de wettelijke emissiefactoren uit de Regeling Ammoniak en Veehouderij (RAV), waarbij gecorrigeerd wordt voor al dan niet beweiden, het melkureumgetal, het loopoppervlak en het al dan niet toepassen van dakisolatie en remmend ventileren.
- Emissie bij beweiding: de ammoniaklat berekent de emissies bij beweiding van jongvee en van melkkoeien, rekening houdend met beweidingduur, grondsoort en rantsoen.
- Emissie bij aanwending van dierlijke mest: de emissiefactoren gerelateerd aan de toedieningsmethode zijn gebaseerd op Van der Hoek (2002) en Huijsmans en Vermeulen (2008). Het model corrigeert voor de hoeveelheid mest per ha en het stalsysteem.
- Emissie bij aanwending van kunstmest: het model houdt rekening met het soort land (grasland of bouwland), de grondsoort, de kunstmestsoort, de hoeveelheid kunstmest per ha en de toedieningsmethode.

Om een schatting te krijgen van de ammoniakemissie vanuit de totale melkveehouderij hebben we twee benaderingen gebruikt:

- Forfaitaire excretienormen voor de melkveehouderij zijn gebruikt om na te gaan hoe de N-excretie per kg melk verandert bij de aannames. Vervolgens is dit omgerekend naar sectorniveau.
- Berekening met de ammoniaklat, waarbij we zijn uitgegaan van een 'gemiddeld Nederlands melkveebedrijf' met een ligboxenstal, een gemiddelde melkproductie per ha, een gemiddelde melkproductie per koe en beperkte beweiding. Vervolgens is dit omgerekend naar sectorniveau.

In de volgende paragraaf worden de resultaten van deze berekening weergegeven.

3.3.2 Resultaten uitgangssituatie in 2020

Aan de hand van berekeningen op basis van excretienormen blijkt dat de ammoniakemissie vanuit de melkveehouderij door de totale productiestijging van 20% in 2020 16% hoger zal zijn dan in 2011. De totale excretie vanuit de melkveehouderij in 2020 bij een groei van 20% is 116% van 46,5 kton = 53,8 kton. Dit is een toename t.o.v. 2011 van 7,3 kton. Berekeningen met de ammoniaklat laten een iets beperktere stijging van de ammoniakemissie in 2020 zien; een toename met 6,1 kton.

In onderstaande tabel staan deze cijfers samengevat, op basis van een gemiddelde schatting dat de ammoniakemissie vanuit de melkveehouderij in 2020 met 6,5 kton zal zijn toegenomen. We hebben hierbij aangenomen dat de emissie vanuit de aanwending van kunstmest en vanuit niet-landbouw gelijk blijft en dat de afname van de emissie vanuit de varkens- en pluimveehouderij geleidelijk plaatsvindt. De daling in ammoniakemissie die de varkens- en pluimveehouderij realiseert, wordt teniet gedaan door de 20% groei van de melkveehouderij. Als de melkveehouderij niet zou groeien, zou de ammoniakemissie in 2020 zijn gedaald naar 44 kton als gevolg van de autonome ontwikkeling (hogere productie per koe per jaar).

Tabel 3.2 Ammoniakemissie in Nederland in 2011 en verwachting van de ammoniakemissie in 2015 en 2020.

Emissiebron	2011	2015	2020 (+10 %)	2020 (+20 %)
Melkvee en jongvee	46,5	47,6	48,6	53,0
Overige sectoren (incl. overig rundvee)	43,6	41,0	39,2	39,2
Kunstmest	10,3	10,3	10,3	10,3
TOTAAL landbouw	100,5	98,9	98,1	102,5
Niet-landbouw	18,2	18	18	18
TOTAAL Nederland	119	117	116	121

Deze cijfers komen goed overeen met cijfers van Hoogeveen et al. (2010). Hoogeveen et al. (2010) berekent de ammoniakemissie in 2020 met de volgende aannames:

- Nationale melkproductie stijgt met 16% in de periode 2007 – 2020. Wij gaan uit van een iets grotere melkproductiestijging.
- Melkproductie per dier per jaar stijgt 1,1%. Dit komt redelijk overeen met onze aanname; een stijging van 60 kg per koe per jaar.
- Dierrechten varkens en pluimvee en melkquota worden in 2015 afgeschaft (NB. Recent is de datum waarop het stelsel van varkens- en pluimveerechten zou vervallen, uit de Meststoffenwet geschrapt en vervangen door op een bij koninklijk besluit te bepalen tijdstip).
- Inzet van luchtwassers.
- Ontwikkeling van mestverwerking.

Uitgaande van deze aannames, wordt de ammoniakemissie uit de landbouw door Hoogeveen et al. (2010) geraamd op 100 mln. kg in 2020. Dit is gelijk aan de ammoniakemissie in 2011. Onder andere door onze aanname dat de melkproductie met 20% i.p.v. 16% stijgt, komen we uit op een iets hogere schatting van de ammoniakemissie in 2020.

3.4 Effect van fosfaatmaatregelen op de ammoniakemissie

In deze paragraaf gaan we na wat het effect is van de fosfaatmaatregelen op de ammoniakemissie van de melkveehouderij in 2020 is. In praktijk blijkt dat een daling van de fosfaatproductie veelal samengaat met eveneens een daling van de stikstof- en koolstofproductie (pers. med. C. Van Bruggen, CBS). Dit geven we zo concreet mogelijk weer voor de volgende maatregelen:

- Verhoging van het aandeel maïs in het rantsoen, c.q. 5 tot 10% groter mais-areaal.
- Verminderen van de voederverliezen van 13 naar 10%.
- Nauwkeuriger voeren; beter op de norm voeren.
- Verhoging van de bodem-gewasefficiëntie.
- Bemesting op basis van de gewasopbrengst.
- Minder jongvee aanhouden.
- Extra productiestijging per koe per jaar.

Om de effecten van deze maatregelen op de ammoniakemissie te bepalen, is een literatuurstudie uitgevoerd en is gebruik gemaakt van de CLM-ammoniaklat. De resultaten staan hieronder per maatregel weergegeven.

Meer maïs in het rantsoen

De ammoniaklat biedt niet de mogelijkheid om direct de effecten van rantsoenaanpassingen op de ammoniakemissie te bepalen. De effecten van de maatregel 'meer maïs in het rantsoen' op de ammoniakemissie proberen we daarom via de literatuur te achterhalen. Uit onderzoek van Van Duinkerken (2003) blijkt dat ammoniakemissie positief gerelateerd is aan het snijmaïsaandeel in het rantsoen. Reden hiervoor lijkt dat snijmaïsrantsoenen vaak in een hogere gemiddelde voeropname resulteren dan graskuilrantsoenen. De stalemissie stijgt van 5,58 naar 6,73 kg ammoniak/dier/stalperiode van 190 dagen (bij een OEB van 500 en een temp van 10 °C) als het snijmaïsaandeel stijgt van 0% naar 50%. Bij 15 °C wordt een toename verwacht van 8,52 naar 10,28 kg ammoniak.

Het gemiddeld rantsoen van Nederlands melkvee (melk- en kalfkoeien) is volgens Van Krimpen et al. (2010) in kg ds per koe per jaar in 2008:

Weidegras:	1505
Graskuil:	2250
Snijmaïskuil:	1100
Krachtvoer:	1739 (incl. vochtrijk krachtvoer)
TOTAAL	6594

Totaal ruwvoergift is 4855 kg ds. Hiervan is 1100 kg, d.w.z. **23 % maïs**. Een uitbreiding van het maïsareaal met 5 tot 10% is dus een toename van maïs in het rantsoen van 23% naar 24,2% tot 25,3% snijmaïs in het rantsoen. 50% meer maïs in het rantsoen zou een toename van de ammoniakemissie van circa 1,5 kg ammoniak/dier/stalperiode tot gevolg hebben. Dus 1,15% tot 2,3% meer maïs in het totale rantsoen heeft een effect van $1,15/50$ tot $2,3/50 = 0,035$ tot $0,070$ kg ammoniak extra per dierplaats per stalperiode. Als dit alleen op het melkvee van toepassing zou zijn (met ruim 900.000 melkkoeien in 2020), betekent dit een stijging van de ammoniakemissie met **0,03 tot 0,06 kton** ammoniakemissie vanuit de stal.

De Haan (2012) daarentegen noemt verhoging van het aandeel maïs in het rantsoen juist als emissiebeperkende maatregel; 10% meer maïs zou (volgens berekeningen met de BEX en de BEA) resulteren in 10% reductie van de ammoniakemissie

op een specifiek bedrijf⁸. Dit komt overeen met andere studies waar wordt aangenomen dat meer maïs in het rantsoen samengaat met een lager ruw eiwitgehalte in het rantsoen, en daardoor met een lager ureumgehalte in de melk, waardoor de ammoniakemissie lager wordt.

Conclusie:

- Bij een gelijkblijvend re-gehalte in het rantsoen (doordat naast meer maïs ook andere rantsoenaanpassingen worden doorgevoerd) werkt meer maïs in het rantsoen een kleine toename van de ammoniakemissie in de hand (circa 0,05 kton).
- Bij een afnemend re-gehalte in het rantsoen (door meer maïs in het rantsoen) is een kleine afname van de ammoniakemissie te verwachten.

Vanwege deze onzekerheden gaan we er vanuit dat netto geen effect is te verwachten van toename van het aandeel maïs in het rantsoen op de ammoniakemissie.

Verminderen voederverliezen

Uitgangspunt bij de maatregelen 'verminderen van voederverliezen' is dat het rantsoen hetzelfde blijft, maar dat alleen de resten op het land mogelijk ammoniak emitteren. Dit wordt echter niet meegenomen in de emissieregistratie.nl en vormt ook geen onderdeel van de ammoniaklat. Op basis van literatuur gaan we kijken wat hierover bekend is. De Ruijter en Smit (2007) laten zien dat stikstof uit gewasresten verloren kan gaan naar de lucht via emissie van ammoniak (tot 40%). Zij verwijzen o.a. naar een studie over suikerbietenloof; van 100 kg N in suikerbietenloof was het N-verlies in een jaar 43 kg N, waarvan 23 kg N in de vorm van ammoniak emitteerde. In Koeien en Kansen – rapport 3 (Oenema et al., 2000) wordt aangegeven dat slechts 3% van de voederverliezen-N als ammoniak vervluchtigt. Zij geven aan dat deze verliezen per ha circa 37 kg N bedragen. Dit betekent een ammoniak-N emissie van 1 kg N per ha. Op een totaal van circa 850.000 ha is dit 0,85 kton ammoniak-N. Dit moet nog worden omgerekend in kg NH₃: 0,85 kton ammoniak-N = **1 kton ammoniakemissie door voederverliezen**. Dit is een voorzichtige schatting, ook omdat Hoogeveen et al. (2010) aangeven dat op dit moment de ammoniakemissie uit gewasresten nog niet goed kan worden gekwantificeerd. (NB Als we uitgaan van een hogere schatting; 30% ammoniakemissie, zou de ammoniakemissie vanuit voederverliezen 10 kton bedragen. Dit is een erg hoog aandeel van de totale ammoniakemissie vanuit de melkveehouderij en lijkt daarmee niet reëel). Deze totale ammoniakemissie vanuit voederverliezen van 1 kton wordt verminderd tot 10/13^{de} (voederverliezen worden immers 10% i.p.v. 13%). Dit is dus een afname van de ammoniakemissie met **0,3 kton**.

Genetische aanleg en beter op de norm voeren

Zoals aangegeven heeft de ammoniaklat niet de mogelijkheid om directe effecten van voedingsmaatregelen te berekenen. De uitkomst van de ammoniaklat is wel afhankelijk gesteld van het ureumgetal, en dit getal is afhankelijk van het rantsoen. Van Duinkerken (2004) geeft aan dat de ammoniakemissie vanuit de stal kan worden teruggedrongen met behulp van voedingsmaatregelen. Het melkureumgehalte is daarbij een goede indicator voor de emissiereductie. Een hoog ureumgetal betekent in feite dat eiwit onbenut blijft in het rantsoen. Het is onduidelijk wat het effect is van 2% minder krachtvoer op het ureumgetal. Van den Ham (2010) laat zien dat Koeien en Kansen bedrijven tussen 1999 en 2009 consequent een ureumgetal realiseerden dat ruim 2 mg/100 gram lager was dan het gemiddeld ureumgetal in Nederland. Deze bedrijven sturen in eerste instantie op het gehalte van ruw eiwit in het rantsoen. De laatste jaren zien we een stagnatie in het melkureumgetal. Op basis van 'expert judgement' stellen we dat door nauwkeuriger te voeren, dit

⁸ Zie: <http://www.verantwoordeveehouderij.nl/nl/nl/Home/show/Emissiereductie-via-management.htm>

ureumgetal een halve eenheid tot maximaal een hele eenheid daalt. Als basissituatie in de ammoniaklat is het gemiddeld ureumgetal voor 2011 gehanteerd: 22,9 mg/100 gram melk (bron: PZ 2012. Zuivel in cijfers 2011). Dit daalt dus naar 22,4 in het realistische scenario en naar 21,9 in het maximaal haalbare scenario. Resultaten uit de ammoniaklat laten zien dat de ammoniakemissie vanuit de melkveehouderij hierdoor **0,15 tot 0,30 kton** daalt in respectievelijk het realistische en het maximaal haalbare scenario.

Verhogen bodem / gewas-efficiëntie

Om het effect van verhoging van de bodem/gewas-fosfaatefficiëntie op de ammoniakemissie te bepalen, doen we de aanname dat de mestgift daalt (vanwege aanwendingsnormen; zie tabel 1.2 in 'fosfaat en de Nederlandse melkveehouderij'), maar dat de productie stijgt. Dit staat weergegeven in tabel 1.3 in 'fosfaat en de Nederlandse melkveehouderij'. Deze daling van de mestgift verrekenen we als daling in kunstmestgift. De input van (dierlijke en kunst-)mest daalt landelijk van totaal 151 mln. kg naar 135 mln. kg fosfaat. Een daling van 11%. We gaan er vanuit dat dit betekent dat op bedrijfsniveau binnen de melkveehouderij de N-gift uit mest ook met 11% daalt en dat dit wordt ingevuld door minder gebruik van kunstmest en gelijkblijvende aanwending van dierlijke mest. We nemen aan dat op grasland 170 kg N/ha uit dierlijke mest en 140 kg N uit kunstmest wordt aangewend en dat dit op maïsland 170 en 40 kg N/ha. Als 20% van het areaal maïsland is, komt een daling van de N-gift met 11% neer op -26,5% kunstmest.

Deze informatie is op twee manieren gebruikt om een inschatting te krijgen van de gevolgen voor de ammoniakemissie:

- Berekeningen met de ammoniaklat laten een daling van de ammoniakemissie van **0,98 kton** zien.
- Als we aannemen dat de helft van de landelijke kunstmestgift voor melkvee is, is een daling van de kunstmestgift door de melkveehouderij met 26,5% een landelijke daling van de kunstmestgift met 13%. We gaan er vanuit dat de emissie vanuit kunstmest (10 kton volgens www.emissieregistratie.nl) lineair daalt. Dit betekent een daling van de ammoniakemissie met **1,3 kton**.

De beide berekeningswijzen geven vergelijkbare resultaten, waarbij de berekening met de ammoniaklat het nauwkeuriger is; voor de tweede berekening hebben we een (ruwe) aanname moeten doen over het percentage kunstmest-N dat door de melkveehouderij wordt gebruikt. Een afname van de ammoniakemissie met (minimaal) **1,0 kton** lijkt dan ook reëel.

Bemesting op basis van gewasopbrengst

We gaan er vanuit dat de mestplaatsingsruimte door bemesting op basis van gewasopbrengst toeneemt met 1 mln. kg fosfaat (van 69 naar 70 mln. kg fosfaat). Dit is 1,5% meer bemesting met dierlijke mest. Doordat meer mest wordt aangewend, neemt de ammoniakemissie toe. Volgens de ammoniaklat is hierdoor een toename van de ammoniakemissie vanuit de melkveehouderij met **0,4 kton** te verwachten.

Minder jongvee

Op twee manieren kan worden berekend wat het effect is op de ammoniakemissie van het aanhouden van 10 tot 20% minder jongvee:

- Met de ammoniaklat kan worden berekend wat de effecten van het aanhouden van minder jongvee zijn. Hieruit komt naar voren dat 10 tot 20% minder jongvee resulteert in **0,6 tot 1,3 kton minder ammoniak**.
- Als 10 tot 20% minder jongvee wordt aangehouden, is de verwachting dat er 10 tot 20% minder emissies vanuit jongvee-emissies zijn. Totaal zijn de emissies vanuit jongvee **10,8 kton**. 10 tot 20% minder jongvee betekent dus **1 tot**

2 kton minder ammoniak (onder de aanname dat de ammoniakemissie evenredig afneemt met de N-excretie).

De ammoniaklat houdt rekening met detailveranderingen die optreden in de bedrijfsvoering. De tweede benadering is een veel grovere berekeningswijze. Het geeft een indicatie van de ordegrrootte. We baseren ons daarom op de resultaten van de ammoniaklat: bij een afname van de hoeveelheid jongvee met 10 tot 20% in 2020 is een afname van de ammoniakemissie te verwachten van **0,6 tot 1,3 kton**.

Extra productiestijging

Extra productiestijging heeft twee gevolgen: minder koeien die per koe meer N uitscheiden, waardoor netto per kg melk de N-excretie afneemt. We stellen dat het ureumgetal gelijk blijft. Ook hier hanteren we twee benaderingen:

- Op basis van N-excretienormen berekenen we wat de productiestijging betekent voor de N-excretie. De N-excretie volgens de basisgegevens in 2020 daalt met 3% als de productie per koe 5% hoger is en de excretie daalt met 5% als de productie per koe 10% hoger is. We nemen aan dat zich direct door vertaalt in eenzelfde daling van de ammoniakemissie. Op een totaal van 46,5 kton vanuit de melkveehouderij is dit een **afname van de ammoniakemissie met 1,4 tot 2,7 kton ammoniak**.
- Ook met de ammoniaklat kan worden berekend wat de effecten van extra productiestijging is. Hieruit komt naar voren dat de ammoniakemissie **0,9 tot 1,8 kton** daalt bij een productiestijging van respectievelijk 5% en 10% per koe per jaar.

Ook hier geldt dat we de uitkomsten van de ammoniaklat als meest betrouwbaar beschouwen.

In onderstaande tabel staan de resultaten van de literatuurstudie en berekeningen met de ammoniaklat samengevat.

Tabel 3.3 Effect van fosfaatmaatregelen op de ammoniakemissie vanuit de Nederlandse melkveehouderij in kton in 2020.

Maatregel	Effect in 2020 (ammoniak in kton)					
	Maximaal haalbaar			Realistisch haalbaar		
Productiestijging:		+ 10 %	+ 20 %		+ 10 %	+ 20 %
Meer mais in het rantsoen	+10%	?	?	+5%	?	?
Verbetering voederconversie		-0,6	-0,6		-0,5	-0,5
Verhogen bodem/gewas-efficiëntie van 82 naar 95%		-0,9	-1,0		-0,9	-1,0
Bemesting op basis van gewasopbrengst		+0,4	+0,4		+0	+0
Minder jongvee	-20%	-1,2	-1,3	-10%	-0,6	-0,6
Extra productiestijging	+10%	-1,6	-1,8	+ 5%	-0,8	-0,9
TOTAAL		-3,9	-4,3		-2,8	-3,0

Uit de tabel blijkt dat in het scenario met een groei van de zuivelsector met 20% ongeveer de helft van de verwachte toename in de ammoniakemissie vanuit de

melkveehouderij in 2020 met 6,5 kton kan worden gecompenseerd doordat fosfaatmaatregelen in veel gevallen ook de ammoniakemissie beperken.

Bronnen

Boerderij (4 maart 2013) Mestexport steeg 16 procent in 2012. (www.boerderij.nl).

CBS (2012) Benutting van stikstof en fosfor in de Nederlandse landbouw. Kees Olsthoorn en Norma Fong

<http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/66F168B9-7628-4FDE-AD09-20BA7CF31364/0/2012benuttingstikstoffosforlandbouwart.pdf>

Duinkerken, G. Van, G. André, M. De Haan, C.J. Hollander, R.L.G. Zom (2007) De voederconversie van melkvee. Rapport 20. ASG.

G. van Duinkerken (2003) Relatie tussen voeding en ammoniakemissie vanuit de melkveestal. PV Praktijkrapport Rundvee 25.

G. van Duinkerken (2004) Ammoniakemissie uit de melkveestal bij beperkte weidegang in relatie tot melkureumgehalte. Praktijkrapport Rundvee 46.

Elferink en Rougoor, 2010. Naar een duurzamere melkveehouderij. Klimaat, energie, mineralen en soja. CLM-rapport in opdracht van FrieslandCampina.

Gosselink, R.M.A., L.B. Sebek (2012) Verbetering van de fosfaatefficiëntie in de melkveehouderij. Rapport 596 Livestock Research.

Grinsven, Hans van, Jan van Dam, Sietske van der Sluis, Jaap Willems (2008) Welke veestapel past in Nederland? Achtergrondrapport scenarioberekeningen. Planbureau voor de Leefomgeving.

Haas, Yvette de, Klara Verbyla, Mario Calus, Han Mulder, Michel de Haan, André Bannink, Jan Dijkstra en Roel Veerkamp (2011) Fokken op voerefficiëntie is mogelijk. Veeteelt januari 1/2 2011, blz. 12-14.

Ham, A. van den, G. Doornewaard, C.H.G. Daatselaar (2011) Uitvoering van de Meststoffenwet. Evaluatie Meststoffenwet 2012: deelrapport ex post. LEI-rapport 2011-073.

Ham, Aart van den (2010) Individueel en gericht stimuleren zorgt voor lager melkureumgehalte. Agri-Monitor, april 2010.

Hoek, K.W. van der, Uitgangspunten voor de mest- en ammoniakberekeningen 1999 tot en met 2001 zoals gebruikt in de Milieubalans 2001 en 2002. Inclusief dataset landbouwemissies 1980-2001. RIVM-rapport 773004013, RIVM, Bilthoven, 2002.

Hoogeveen, M.W., H.H. Luesink, P.W. Blokland (2010) Ammoniakemissie uit de landbouw in 2020. Raming en onzekerheden. LEI-rapport 2010-80. December 2010.

Huijsmans J.F.M. en G.D. Vermeulen, 2008. Ammoniakemissie bij het uitrijden van dierlijke mest. Actualisatie emissiefactoren. PRI rapport.

Koeijer, T.J. de, H.H. Luesink, A. van den Ham (2012) Ex-ante analyse wetsvoorstel stelsel van verantwoorde mestafzet. LEI-nota 12-085.

Krimpen, Marinus van, Jantine van Middelkoop, Leon Sebek, Age Jongbloed, Wim de Hoop (2010) Effect van fosforverlaging in melkveerantsoenen en varkensvoerders op fosfaatexcretie via de mest. Livestock Research, januari 2010.

Krimpen, M.M. van, R.M.A. Goselink, J. Heeres, A.W. Jongbloed (2012) Fosforbehoefte van melkvee, vleesvee, varkens en pluimvee: een literatuurstudie. Livestock Research, rapport 574.

Luesink, H.H., P.W. Blokland & J.N. Bosma (2011), Monitoring mestmarkt 2010; Achtergrond-documentatie, Den Haag, LEI rapport nr. 2011-048.

Monteny, G.J. 2000. Modeling of ammonia emissions from dairy cow houses. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, 156 pp.

Oenema, J., H.F.M. Aarts, D.W. Bussink, R.H.E.M. Geerts, J.C. van Middelkoop, J. van Middelaar, J.W. Reijs & O. Oenema (2012) Variatie in fosfaatopbrengst van grasland op praktijkbedrijven en mogelijke implicaties voor fosfaatgebruiksnormen. Wettelijke Onderzoekstaken, Natuur & Milieu, werkdocument 287.

Oenema, J., H.F.M. Aarts, B. Habekotté (2000) Het mineralenspoor in 'Koeien en Kansen'. Uitgangssituatie mineralenstromen. PRI, Rapport 3.

PBL (2012) Evaluatie meststoffenwet 2012, beleidsstudie PBL
<http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2012-evaluatie-meststoffenwet-2012-hoofdrapport-624.pdf>

Reijs, J.W., G.J. Doornewaard, A.C.G. Beldman (2013) Sectorrapportage Duurzame Zuivelketen. Nulmeting in 2011 ten behoeve van realisatie van de doelen. LEI-rapport 2013-013.

Ruijter, F.J. de, A.L. Smit (2007) Het lot van stikstof uit gewasresten. PRI Wageningen UR, rapport 133.

Schooten, Herman van, Bert Philipsen (2010) Effect van inkuilmanagement op emissies van broeikasgassen op bedrijfsniveau. Rapport 403. WUR Livestock Research.

Verdonk, Martijn en Wouter Wetzels (2012) Referentieraming energie en emissies: actualisatie 2012. Energie en emissies in de jaren 2012, 2020 en 2030.

Vogelaar, Jan Cees (2013) 15.000 liter melk per ha. Opinie. Nieuwe Oogst, 16 februari 2013.

Websites:

[http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=80866ned&D1=0-1,35-36,47-48,89-90,98-99,107-108,116-117,137-138&D2=0&D3=0,7,9,12,\(I-1\),I&VW=T](http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=80866ned&D1=0-1,35-36,47-48,89-90,98-99,107-108,116-117,137-138&D2=0&D3=0,7,9,12,(I-1),I&VW=T)

[http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=7311slmi&D1=91-94&D2=0&D3=1,6,11,\(I-1\)-I&VW=T](http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=7311slmi&D1=91-94&D2=0&D3=1,6,11,(I-1)-I&VW=T)

<http://www.verantwoordeveehouderij.nl/index.asp?home/nieuwbijvv/persberichten/2012072301.asp>

<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=80274ned&D1=7&D2=2,4,6,I&HDR=G1&STB=T&VW=T>

<http://productschapzuivel.nl/pz/productschap/publicaties/zic/zicmvh2011.pdf>

CLM Onderzoek en Advies

Postadres

Postbus 62
4100 AB Culemborg

Bezoekadres

Godfried Bomansstraat 8
4103 WR Culemborg

T 0345 470 700
F 0345 470 799

www.clm.nl