

Beoordeling mestproducten op basis van het Protocol Gebruiksvoorschriften Dierlijke Mest, versie 1.0

Commissie Deskundigen Meststoffenwet

Dossiernummer en datum: Gebr1_2013; 2 mei 2013

De Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) kan op verzoek van het ministerie van Economische Zaken een oordeel geven over het risico van de toepassing van mestsoorten, toedieningstechnieken en toedieningstijdstippen op de uitspoeling van stikstof (N) en fosfaat (P) naar grond- en oppervlaktewater en op de emissies van ammoniak (NH₃) en lachgas (N₂O) naar de atmosfeer. Hiervoor is het Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest versie 1.0 opgesteld.

Op verzoek van het ministerie van EZ heeft de CDM een tiental producten beoordeeld aan de hand van het voornoemde protocol, ook om het protocol te beoordelen op bruikbaarheid. De resultaten van die toetsing staan in onderhavig rapport. De beoordeling in dit rapport is uitgevoerd door een werkgroep bestaande uit Wim Bussink (NMI), Jaap Schröder (WUR-PR1) en Gerard Velthof (WUR-Alterra).

Samenvatting

Op verzoek van het ministerie van EZ heeft de CDM een tiental producten beoordeeld aan de hand van het protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest. Het betreft de dikke fractie na mestscheiding, de gedroogde dikke fractie na mestscheiding, het digistaat na co-vergisting van mest, het mineralenconcentraat en het permeaat uit omgekeerde osmose, het concentraat uit ultrafiltratie, vaste stalmest, kippenmest, champost en verwerkte kalvergier. Daarnaast zijn er ook berekeningen uitgevoerd van de emissies bij toediening van runder- en varkensdrijfmest. Er is op basis van het protocol een oordeel uitgevoerd van het risico op stikstofuit- en afspoeling, ammoniakemissie en lachgasemissie. De beoordeling is gebruikt om vier vragen van het ministerie van EZ te beantwoorden.

In hoeverre neemt de emissie van ammoniak toe indien genoemde meststoffen niet emissiearm worden toegediend?

- Bovengrondse toediening van mineralenconcentraat, digistaat na co-vergisting van mest, de dunne fractie van gescheiden mest, het concentraat uit ultrafiltratie en verwerkte kalvergier leidt tot een significante verhoging van de ammoniakemissie ten opzichte van toediening van deze meststoffen via zodebemesting. Het risico op ammoniakemissie na bovengrondse toediening van het permeaat uit omgekeerde osmose is gering.
- De ammoniakemissie bij bovengrondse toediening van de dikke fractie van gescheiden dunne mest is vergelijkbaar met die bij bovengrondse toediening van vaste mest (stalmest). De ammoniakemissie uit vaste mest en dikke fractie is niet verwaarloosbaar; ongeveer 10 – 15% van de totale N gaat verloren. Bij bovengrondse toediening van gedroogde dikke fractie van gescheiden mest en champost is het risico op ammoniakemissie beperkt.
- Het risico op ammoniakemissie uit bovengrondse toediening van vaste mestproducten neemt iets af naarmate er later in het najaar wordt bemest, maar de verschillen in ammoniakemissie tussen tijdstippen zijn beperkt. Het effect van type product en aanwendingsmethode op ammoniakemissie is veel groter dan het effect van tijdstip.

In hoeverre is er gevaar voor uitspoeling van stikstof indien de genoemde meststoffen zouden worden toegediend buiten de thans toegelaten periode?

- Op bouwland leidt najaartoediening van vaste mest (stalmest) en vaste mestproducten (dikke fractie na mestscheiding, gedroogde dikke fractie na mestscheiding, kippenmest en champost) tot meer uitspoeling dan toediening in het voorjaar. Het risico op nitraatuitspoeling bij toediening in het najaar is

¹ De N₂O-emissiefactoren voor bouwland in tabellen 12 en 13 zijn op 11 oktober 2013 gecorrigeerd.

vergelijkbaar voor vaste mest en de beoordeelde producten dikke fractie, gedroogde dikke fractie, kippenmest en champost. Berekeningen geven aan dat toediening van vaste mestproducten in het voorjaar aan bouwland op zandgrond leidt tot een uitspoeling van 24 – 31% van de toegediende N. Bij toediening in het najaar komt de uitspoeling overeen met 33 – 49% van de toegediende N.

- Op grasland is het risico op nitraatuitspoeling bij de beoordeelde mestproducten veel lager dan op bouwland. Het risico op nitraatuitspoeling neemt iets toe naarmate er later in het najaar vaste mest wordt toegediend, maar ook bij toediening in december is het risico op nitraatuitspoeling uit grasland duidelijk lager dan bij bouwland.
- Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater is veel hoger voor bouwland dan voor grasland. Permanente begroeiing beperkt oppervlakkige afspoeling sterk. Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater is hoger op klei/veen dan op zand/löss. Dit wordt veroorzaakt doordat de infiltratie van stikstof en fosfaat in de bodem geringer is op klei en veen dan op zand en löss.
- Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater neemt toe naarmate de (bovengronds toegediende) mest later in het seizoen worden toegediend.

In hoeverre wordt de kwaliteit van het oppervlaktewater in weidegebieden geschaad, indien vaste mest ook op ander grasland dat mede een functie heeft als broedgebied voor weidevogels, op bevroren grond wordt uitgereden?

- Een succesvolle instandhouding van weidevogels hangt af van de aanwezigheid van ondiep ontwaterde graslandpercelen. Het uitrijden van vaste mest over bevroren grond geeft geen hoger risico op afspoeling dan het uitrijden op een waterverzadigde grond.

In hoeverre kan een verdere aanscherping van de uitrijperioden voor drijfmest leiden tot een betere kwaliteit van het oppervlaktewater?

- Voor bouwland op zandgrond leidt het verlengen van uitrijverbod in het voorjaar gemiddeld tot een lager risico op nitraatuitspoeling, met name op bouwland. Voor bouwland op klei en voor grasland op zand en klei is het risico op nitraatuitspoeling bij voorjaarstoediening beperkt. Het risico op afspoeling is sterk afhankelijk van de neerslag en vochttoestand van de bodem. Gemiddeld zal het risico op afspoeling afnemen naarmate mest later in het voorjaar wordt toegediend.

Onzekerheden

De beoordelingen omvatten twee typen onzekerheden, namelijk i) onzekerheden gerelateerd aan de gekozen methode om het risico op emissies in te schatten en ii) onzekerheden gerelateerd aan de uitgangspunten.

Onzekerheden bij de gekozen methoden:

- De beoordeling van afspoeling is kwalitatief. Voor dit proces zijn geen eenvoudige tools beschikbaar om het risico op emissies te beoordelen. De algemene principes bij de bepaling van het risico op afspoeling zijn wel duidelijk (hoe natter hoe hoger het risico, op veen/klei hoger risico dan op zand).
- Ammoniakemissie en nitraatuitspoeling zijn gebaseerd op bestaande modelconcepten. Er zit een onzekerheid in de kwantificering zelf, maar de verschillen in risico's tussen verschillende producten, tijdstippen en toedieningsmethoden zijn redelijk goed te beoordelen.
- De beoordeling van lachgasemissie is kwantitatief, maar gebaseerd op expert judgement. Lachgasemissie is een complex proces en daardoor is de beoordeling behept met een behoorlijke onzekerheid.

Onzekerheden bij de gekozen uitgangspunten:

- Er is uitgegaan van een gemiddelde samenstelling van de producten. De samenstelling van mesten en producten uit mest sterk kan sterk variëren. De samenstelling van producten is gebaseerd op gemiddelde waarden. Bij sommige producten is weinig informatie beschikbaar, zodat de waarde is gebaseerd kan zijn op een enkele studie. Een andere samenstelling kan leiden tot een andere beoordeling van het risico op emissies. Het risico op uitspoeling wordt met name bepaald door de aanwezigheid van minerale N (meestal ammonium) en het risico op ammoniakemissie op de aanwezigheid van ammonium (TAN) en de pH. Variaties in samenstelling zullen de risico's van emissies beïnvloeden, maar het is echter niet aannemelijk dat de samenstelling dusdanig varieert binnen een specifiek product dat het risico op emissies totaal verschillend zal zijn.

- De beoordeling is uitgegaan van een standaardgift van 100 kg N-totaal per ha. Deze keuze heeft effect op het risico op emissies. Indien de gift wordt gebaseerd op een fosfaatgift of op een werkzame N gift dan kan het risico op emissies anders zijn. Of een de risico's van fosfaatverlies, met name afspoeling, hand in hand gaan met de risico's van N-verlies, hangt af van de N-totaal/P₂O₅ verhoudingen van de mesten. In zijn algemeenheid is zijn de risico's van fosfaatafspoeling per 100 kg toegediende N-totaal laag bij de mesten van rundvee en bij dunne fracties, concentraten en permeaten van verwerkte mest, en hoog bij vaste mesten en dikke fracties, in het bijzonder die van varkens.
- De beoordeling is uitgevoerd voor gemiddelde weersomstandigheden per maand. Het weer heeft grote invloed op alle emissies. Er is geen beoordeling uitgevoerd voor het risico op emissies bij verschillende weertypen. In het algemeen neemt het risico op uit- en afspoeling en lachgasemissie toe naarmate het natter is en neemt het risico op ammoniakemissie af.

Door de onzekerheden in de methoden zijn de onzekerheden in de beoordeling van afspoeling en lachgasemissie zijn groter dan die van ammoniakemissie en nitraatuitspoeling. De aanname van een gemiddelde samenstelling van de producten beïnvloedt het resultaat van de beoordeling ook; variaties in samenstelling zullen de risico's van emissies beïnvloeden. Het is echter niet aannemelijk dat de samenstelling dusdanig varieert binnen een specifiek product dat het risico op emissies totaal verschillend zal zijn met de hier gegeven beoordeling. Verder is in de beoordeling uitgegaan van een standaardgift van 100 kg stikstof per ha. Deze keuze heeft effect op het risico op emissies. Indien de gift wordt gebaseerd op een fosfaatgift of op een werkzame stikstofgift dan kan het risico op emissies anders zijn. De beoordeling is uitgevoerd voor gemiddelde weersomstandigheden per maand. Het weer heeft grote invloed op alle emissies. In het algemeen neemt het risico op uit- en afspoeling en lachgasemissie toe naarmate het natter is en neemt het risico op ammoniakemissie af.

Het protocol kan worden gebruikt om op een gestandaardiseerde wijze het risico op nitraatuitspoeling, stikstofafspoeling, ammoniakemissie en lachgasemissie te beoordelen van nieuwe mestproducten, toedieningstijdstippen en toedieningstechnieken ten opzichte van de thans wettelijk toegelaten praktijk.

1. Gegevens

Titel: Toetsing verschillende producten

Dossiernummer en datum: Gebr1_2013; 2 mei 2013

Vragen om beoordeling: De vragen om de beoordeling staan geformuleerd in de brief van het toenmalige Ministerie EL&I (17-05-2011, referentie 203411, betreffend *CDM advies toepassing protocol*). In een e-mail van het ministerie van EZ (dd. 28-2-2013) aan de secretaris van de CDM is aangegeven dat enkele vragen uit voornoemde brief zijn vervallen. Een oordeel wordt gevraagd voor de volgende vragen:

1. In hoeverre neemt de emissie van ammoniak toe indien navolgende meststoffen niet emissiearm worden toegediend:
 - a. de dikke fractie na mestscheiding
 - b. de gedroogde dikke fractie na mestscheiding
 - c. het digistaat na co-vergisting van mest
 - d. het mineralenconcentraat en het permeaat uit omgekeerde osmose
 - e. het concentraat uit ultrafiltratie
 - f. vaste stalmest
 - g. kippenmest
 - h. champost
 - i. verwerkte kalvergier
(nb. later is verzocht om ook de dunne fractie na mestscheiding te beoordelen)
2. In hoeverre is er gevaar voor uitspoeling van stikstof indien de onder punt 1 genoemde typen meststoffen zouden worden toegediend buiten de thans toegelaten periode.
3. Het Besluit gebruik meststoffen staat thans toe vaste mest op bevroren grasland uit te rijden indien daarop een beheer wordt gevoerd (lees: een functie heeft als weidevogelbroedgebied) en het gebruik van vaste meststof onderdeel is van het op het desbetreffende grasland van toepassing zijnde beheersregime. In hoeverre wordt de kwaliteit van het oppervlaktewater in weidegebieden geschaad, indien vaste mest ook op ander grasland dat mede een functie heeft als broedgebied voor weidevogels, op bevroren grond wordt uitgereden.
4. In hoeverre kan een verdere aanscherping van de uitrijperioden voor drijfmest leiden tot een betere kwaliteit van het oppervlaktewater.

2. Karakterisering van de meststof

Te beoordelen meststoffen en referentie meststoffen

In Tabel 1 staat de samenstelling weergegeven van de referentie-meststoffen en te testen meststoffen.

De samenstelling van de meeste producten is gebaseerd op de tabellen uit het bemestingsadvies voor grasland en voedergewassen (<http://www.bemestingsadvies.nl>), zoals gerapporteerd door Den Boer et al., 2012). Een andere belangrijke bron van samenstelling van mestproducten zijn de resultaten uit de Pilot Mineralenconcentraten (Ehlert & Hoeksma, 2011; Hoeksma et al., 2011).

Het moet nadrukkelijk worden vermeld dat de samenstelling van mesten en producten uit mest sterk kan variëren. De samenstelling van producten is gebaseerd op gemiddelde waarden. Bij sommige producten is weinig informatie beschikbaar, zodat de waarde gebaseerd kan zijn op een enkele studie. In de laatste paragraaf van dit rapport (Beantwoording vragen en onzekerheden) wordt ingegaan op de onzekerheden van de beoordeling van het risico op emissies. Daarbij wordt ook in gegaan op de onzekerheden in samenstelling.

Toelichting bij enkele producten:

- De dikke fractie wordt geproduceerd door scheiding van drijf mest. Er bestaan verschillen scheidingstechnieken, zoals zeefbandpers, vijzelpers, centrifuge en ultrafiltratie. Soms worden er middelen toegevoegd om het scheidingsrendement te verhogen. De samenstelling van de dikke fractie kan dus variëren. De beoordeling vindt plaats voor dikke fractie van varkensmest en rundermest, conform de berekeningen van Schröder et al. (2009) en overgenomen in bemestingsadvies voor grasland en voedergewassen (Den Boer et al., 2012).
- Mestproducten bevatten ammonium en totaal N. Mest bevat geen zuurstof en daardoor treedt geen/amper nitraatvorming door nitrificatie op. Mocht er wel iets nitraat gevormd worden, dan zal dit snel gedenitrificeerd worden in de zuurstofloze mest. De hoeveelheid nitraat is daardoor in de meeste mestproducten verwaarloosbaar.
- Bij drogen van dikke fractie treedt ammoniakverlies op. Nederlandse meetgegevens over het ammoniumgehalte in gedroogde dikke fractie zijn niet voorhanden. Uit Belgische gegevens van Vlaco blijkt dat bij drogen van digistaat of dikke fractie het ammoniumgehalte per kg product nog ongeveer 20% bedraagt van het gehalte van het niet gedroogde dunne of dikke fractie (per kg product). Er is daarbij een grote variatie in waarden. Op basis van deze gegevens is geschat dat de gedroogde dikke fractie van respectievelijk rundermest en varkensmest 0,3 en 0,8 kg NH₄-N per kg bevatten (Tabel 1).

Tabel 1. Samenstelling van de beoordeelde meststoffen.

Mestsoort	Bron	Droge- stof	Org stof	N totaal	N mineraal	P ₂ O ₅	Nm/Ntot	Ntot/P ₂ O ₅	pH
		g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg			
Runderdrijfmest	Den Boer et al., 2012	85	64	4,1	2,0	1,5	0,49	2,73	6,7-8,5 ⁵
Varkendrijfmest	Den Boer et al., 2012	93	43	7,1	4,6	4,6	0,65	1,54	7,7 ⁴
Dikke fractie na mestscheiding; rundermest	Den Boer et al., 2012	250	188	7,8	1,6	4,4	0,21	1,77	
Dikke fractie na mestscheiding; varkensmest	Den Boer et al., 2012	250	116	10,5	3,8	12,4	0,36	0,85	8,2 ⁵
Vaste stalmest; rundvee	Den Boer et al., 2012	194	152	5,3	0,9	2,8	0,17	1,89	7,8 - 9,2
Vaste stalmest; varkens	Den Boer et al., 2012	260	153	7,9	2,6	7,9	0,33	1,00	7,9- 8,5 ⁵
Mineralenconcentraat	Ehlert & Hoeksma, 2011	33	13,5	7,0	6,3	0,4	0,90	17,05	7,95
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding; rundermest	Ehlert & Hoeksma, 2011 + Vlaco ¹⁰	850	639,2	21,4	0,3	15,0	0,01	1,43	7,8 - 9,2
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding; varkensmest	Ehlert & Hoeksma, 2011 + Vlaco ¹⁰	850	394,4	23,5	0,8	42,2	0,03	0,56	7,9 - 8,5
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens ¹	Den Boer et al., 2012	80	30	7,1	5,4	4,6	0,76	1,54	7,73 ⁴
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee ¹	Den Boer et al., 2012	66	45	4,1	2,6	1,5	0,63	2,73	8,08 ⁴
Permeaat uit omgekeerde osmose	Ehlert & Hoeksma, 2011	0,3	0	0,2	0,2	0,0	0,97	21,9	7,97 - 8,24 ⁴
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Den Boer et al., 2012	66	50	3,7	2,0	1,2	0,54	3,08	7,96 ⁴
Concentraat uit ultrafiltratie	Ehlert & Hoeksma, 2011	40	27,7	5,5	3,5	1,0	0,63	5,46	8,08 - 8,18 ⁴
Kippenmest, leghennen, mestband zonder nadrogen ²	Den Boer et al., 2012	573	416	25,6	12,7	19,6	0,5	1,31	7,3 ⁸
Champost	Den Boer et al., 2012	336	211	7,6	0,4	4,5	0,05	1,69	7,4 ⁷
Verwerkte kalvergier ³	Den Boer et al., 2012	75	37,5	40,0	3,8	6,1	0,1	6,56	7,7 ⁹

¹ aanname: co-product heeft zelfde samenstelling als de mestcomponent

² aanname: 40% van N-totaal bestaat uit gemakkelijk mineraliseerbare urinezuur

³ aanname: Nm aandeel geschat o.b.v. andere gieren

⁴ Ehlert & Hoeksma, 2011

⁵ Hoeksma et al. (2011)

⁶ Misselbrook et al. (2005)

⁷ pH in water:

<http://www.proefcentrum->

[kruishoutem.be/pls/portal/docs/PAGE/INTERNET_PCG/ALGEMEEN/BIBLIOTHEEK/PAGINA_JAARVERSLAGEN/JAARVERSLAG%202011/VOLLEGROND%202011/DIVERSE_PROEVEN/JV_VOL_33.PDF](http://www.proefcentrum-kruishoutem.be/pls/portal/docs/PAGE/INTERNET_PCG/ALGEMEEN/BIBLIOTHEEK/PAGINA_JAARVERSLAGEN/JAARVERSLAG%202011/VOLLEGROND%202011/DIVERSE_PROEVEN/JV_VOL_33.PDF)

⁸ http://www.bdb.be/Portals/0/docs/StudiedagBDB20090211_GinoCoppens.pdf

⁹ <http://www.commissiemer.nl/docs/mer/p07/p0797/797-003sn.pdf>

¹⁰ Vlaco: de ecologische en economische voordelen digistaat: <http://www.vlaco.be/professionele-verwerking/eindproducten/eampe-digestaat>

3. Beschrijving van de toedieningsmethode

In Tabel 2 staan de toedieningsmethoden die per meststof zijn beoordeeld. Bij alle producten wordt een beoordeling gemaakt van bovengrondse breedwerpige toediening (volvelds; ketsplaat). Daarnaast worden de drijfmest en andere vloeibare mestproducten ook beoordeeld bij emissie-arme mesttoediening via een zodebemesting. Mineralenconcentraten worden daarnaast beoordeeld bij een techniek waarin het concentraat in stoken op de oppervlakte wordt toegediend (niet vlak dekkend) omdat dit een techniek is waarmee in de praktijk geëxperimenteerd is in kader van bijbemesting.

Tabel 2. Beoordeelde toedieningsmethoden per meststof.

Meststof	Toedieningsmethode
Vaste stalmest; varkens	Bovengronds
Vaste stalmest; rundvee	Bovengronds
Varkensdrijfmest	Bovengronds Zodebemesting
Runderdrijfmest	Bovengronds Zodebemesting
Mineralenconcentraat	Bovengronds Bovengronds; stroken Zodebemesting
Dikke fractie na mestscheiding	Bovengronds
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bovengronds
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Bovengronds Zodebemesting
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Bovengronds Zodebemesting
Permeaat uit omgekeerde osmose	Bovengronds Zodebemesting
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Bovengronds Zodebemesting
Concentraat uit ultrafiltratie	Bovengronds Zodebemesting
Leghennen	Bovengronds
Champost	Bovengronds
Verwerkte kalvergier	Bovengronds Zodebemesting

4. Beschrijving van het toedieningstijdstip

In Tabel 3 staan de tijdstippen waarbij de meststoffen zijn beoordeeld. Alle meststoffen zijn beoordeeld bij toediening op 1 maart. Daarnaast zijn de vaste meststoffen beoordeeld bij toediening in de periode 1 augustus – 1 december.

Tabel 3. Beoordeelde tijdstippen.

Meststof	Gewas	Toedieningsmethode	Toedieningstijdstip
Vaste stalmest; varkens	Grasland en bouwland	Bovengronds	1-mrt 1-aug 1-sep 1-okt 1-nov 1-dec
Vaste stalmest; rundvee	Grasland en bouwland	Bovengronds	1-mrt 1-aug 1-sep 1-okt 1-nov 1-dec
Varkens drijfmest	Grasland en bouwland	Bovengronds en zodebemesting	1-mrt
Runder drijfmest	Grasland en bouwland	Bovengronds en zodebemesting	1-mrt
Mineralenconcentraat	Grasland en bouwland	Bovengronds, zodebemesting, bemesting in stroken	1-mrt
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland en bouwland	Bovengronds	1-mrt 1-aug 1-sep 1-okt 1-nov 1-dec
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland en bouwland	Bovengronds	1-mrt 1-aug 1-sep 1-okt 1-nov 1-dec
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Grasland en bouwland	Bovengronds en zodebemesting	1-mrt
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Grasland en bouwland	Bovengronds en zodebemesting	1-mrt
Permeaat uit omgekeerde osmose	Grasland en bouwland	Bovengronds en zodebemesting	1-mrt
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Grasland en bouwland	Bovengronds en zodebemesting	1-mrt
Concentraat uit ultrafiltratie	Grasland en bouwland	Bovengronds en zodebemesting	1-mrt
Leghennen	Grasland en bouwland	Bovengronds	1-mrt 1-aug 1-sep 1-okt 1-nov 1-dec
Champost	Grasland en bouwland	Bovengronds	1-mrt 1-aug 1-sep 1-okt 1-nov 1-dec
Verwerkte kalvergier	Grasland en bouwland	Bovengronds en zodebemesting	1-mrt

5. Beschrijving van relevante overige factoren

Grondsoort:

Er worden twee groepen onderscheiden: zand/löss en klei/veen. Deze groepen van grondsoorten worden onderscheiden omdat ze verschillen in gevoeligheid voor uitspoeling en afspoeling.

Gewas:

Er worden twee gewasgroepen onderscheiden: "grasland" en "bouwland".

Beheer:

Er wordt uitgegaan van een gift van 100 kg totaal N voor zowel de meststof die wordt beoordeeld als de referentiemeststof. De fosfaatgift verschilt tussen de verschillende meststoffen (Tabel 4), omdat de N/P₂O₅-verhouding verschilt tussen de meststoffen. Er wordt verder aangenomen dat het management conform gangbare landbouwpraktijk verloopt.

Tabel 4. Fosfaatgift in P₂O₅ per ha bij een gift aan 100 kg N per ha.

Meststof	Stikstofgift kg N/ha	Fosfaatgift kg P ₂ O ₅ /ha
Vaste stalmest; varkens	100	100
Vaste stalmest; rundvee	100	53
Varkensdrijfmest	100	65
Runder drijfmest	100	37
Mineralenconcentraat	100	6
Dikke fractie na mestscheiding; rundermest	100	56
Dikke fractie na mestscheiding; varkensmest	100	118
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding; rundermest	100	70
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	100	65
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	100	37
Permeaat uit omgekeerde osmose	100	5
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	100	32
Concentraat uit ultrafiltratie	100	18
Leghennen	100	76
Champost	100	59
Verwerkte kalvergier	100	15

6. Beoordelingen

In totaal is er een beoordeling gemaakt van het risico op nitraatuitspoeling, stikstofafspoeling en ammoniak- en lachgasemissies voor 220 combinaties meststof – gewas – toedieningsmethode – grondsoort – toedieningstijdstip (Tabel 5).

De referentiemeststoffen zijn bovengronds toegediende vaste rundvee- en varkensmest en met zodebemesting toegediende varkensdrijfmest en runderdrijfmest. Toediening op 1 maart is het referentietijdstip voor drijfmest en toediening op 1 maart en het najaar (1 aug – 1 dec) zijn de referentietijdstippen voor toediening van stalrest.

In de hoofdstukken 7 tot en met 11 worden de resultaten van de beoordelingen weergegeven en geanalyseerd (zie bijlage 1 voor alle resultaten). Deze resultaten worden in Hoofdstuk 12 gebruikt voor de beantwoording van de vier vragen die door het ministerie van Economische Zaken zijn gesteld.

Tabel 5. Tabel met te beoordelen combinaties van meststoffen, gewassen, toedieningsmethoden –en tijdstippen en grondsoorten.

Meststof	Gewas	Toedienings- methode	Grondsoort	Toedieningstijdstip	Totaal	
Vaste stalrest; varkens	Grasland Bouwland	Bovengronds		zand/loess klei/veen	1, mrt 1-aug, 1 sept, 1 okt, 1 nov, 1 dec	24
Vaste stalrest; rundvee	Grasland Bouwland	Bovengronds		zand/loess klei/veen	1, mrt 1-aug, 1 sept, 1 okt, 1 nov, 1 dec	24
Varkens drijfmest	Grasland Bouwland	Bovengronds Zodebemesting		zand/loess klei/veen	1-mrt	8
Runder drijfmest	Grasland Bouwland	Bovengronds Zodebemesting		zand/loess klei/veen	1-mrt	8
Mineralenconcentraat	Grasland Bouwland	Bovengronds Zodebemesting	Bovengronds; stroken	zand/loess klei/veen	1-mrt	12
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland Bouwland	Bovengronds		zand/loess klei/veen	1, mrt 1-aug, 1 sept, 1 okt, 1 nov, 1 dec	24
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland Bouwland	Bovengronds		zand/loess klei/veen	1, mrt 1-aug, 1 sept, 1 okt, 1 nov, 1 dec	24
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Grasland Bouwland	Bovengronds Zodebemesting		zand/loess klei/veen	1-mrt	8
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Grasland Bouwland	Bovengronds Zodebemesting		zand/loess klei/veen	1-mrt	8
Permeaat uit omgekeerde osmose	Grasland Bouwland	Bovengronds Zodebemesting		zand/loess klei/veen	1-mrt	8
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Grasland Bouwland	Bovengronds Zodebemesting		zand/loess klei/veen	1-mrt	8
Concentraat uit ultrafiltratie	Grasland Bouwland	Bovengronds Zodebemesting		zand/loess klei/veen	1-mrt	8
Leghennenmest	Grasland Bouwland	Bovengronds		zand/loess klei/veen	1, mrt 1-aug, 1 sept, 1 okt, 1 nov, 1 dec	24
Champost	Grasland Bouwland	Bovengronds		zand/loess klei/veen	1, mrt 1-aug, 1 sept, 1 okt, 1 nov, 1 dec	24
Verwerkte kalvergier	Grasland Bouwland	Bovengronds Zodebemesting		zand/loess klei/veen	1-mrt	8
Totaal						220

7. Risico op ammoniakemissie

Beoordeling

Een deel van de beoordeling gaat over het risico op ammoniakemissie uit vaste mestproducten. De ammoniakemissie uit vaste mest is variabel en hoog. In alle Nederlandse experimenten is deze vrijwel altijd hoger dan 30% van de ammonium (TAN) en soms bedraagt deze zelfs 100% van de TAN (Zie onderstaande tabel van Huijsmans & Hol, 2007). Ook buitenlandse proeven laten een hoge ammoniakemissie van de TAN zien van de vaste mest. Misselbrook et al., 2005 vinden incidenteel ook emissies van 100% van de TAN. Zij concluderen dat naarmate het drogestofgehalte van vaste mest hoger is dat dan de emissiefactor ook toeneemt. Verder is de hoeveelheid neerslag en de neerslagintensiteit van invloed op de emissie uit vaste mest. Lichte neerslag zorgt voor het niet uitdrogen van mest. De emissie kan daardoor toenemen, mogelijk mede door mineralisatie. Ook de windsnelheid is van invloed terwijl het effect van temperatuur beperkt lijkt te zijn.

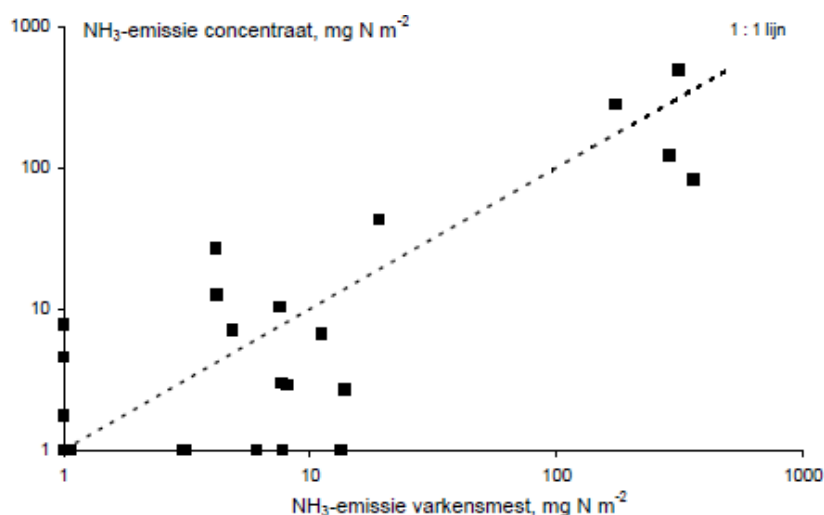
Uit de review van Huijsmans & Hol (2007) blijkt dat oppervlakkig inwerken met een vaste tand cultivator nauwelijks invloed heeft op de ammoniakemissie. Dat betekent dat inwerken via bijvoorbeeld ploegen nodig is om een substantiële emissiereductie te verkrijgen.

De ammoniakemissie uit vaste rundveemest en vaste varkensmest (Huijsmans & Hol, 2007).

	% NH ₄ ⁺ -N	Mestsoort	Grond	Toedieningstechniek	Meetdagen
Mulder & Huijsmans (1993)	46	grupstal	grasland	bovengronds	4
Mulder & Huijsmans (1993)	69	potstal (na opslag)	grasland	bovengronds	4
Mulder & Huijsmans (1993)	75	potstal (na opslag)	grasland	bovengronds	4
Mulder & Huijsmans (1993)	>100	potstal (vers)	grasland	bovengronds	4
Mulder & Huijsmans (1993)	43	potstal (vers)	bouwland	bovengronds	4
Mulder & Huijsmans (1993)	43	potstal (vers)	bouwland	bovengronds en direct onderwerken	4
Mulder & Huijsmans (1993)	76	potstal (na opslag)	bouwland	bovengronds	4
Bruins & Huijsmans (1989)	34	vleesvarkens	bouwland	bovengronds	3
Bruins & Hol (1990)	52	vleesvarkens	grasland	bovengronds	4
Bruins & Hol (1990)	28	vleesvarkens	bouwland	bovengronds	4
Bruins & Hol (1990)	39	vleesvarkens	bouwland	bovengronds	4

De vloeibare mestproducten dunne fractie na mestscheiding, digestaat na co-vergisting, mineralenconcentraat en verwerkte kalvergier hebben een lager organische stof- en drogestofgehalte dan vleesvarkensdrijfmest (Tabel 2). Het N-gehalte en het ammoniumgehalte is daarentegen vaak hoger dan dat van vleesvarkensdrijfmest. De pH is bij alle producten hoog (hoger dan 7,5). Het zijn deze factoren die vooral van invloed zijn op de emissie. Een lager drogestofpercentage betekent een lagere viscositeit, de mest kan beter infiltreren in de bodem en blijft minder aan het gewas (gras) kleven. Het verschil in pH is van geen betekenis. Bij eenzelfde toedieningstechniek zal het effect van wind en temperatuur op de emissie vanuit deze vloeibare mestproducten niet verschillen ten opzichte van varkensmest. Weinig neerslag zal de emissie uit vloeibare mestproducten relatief sterker verminderen dan die uit varkensdrijfmest. Bij veel neerslag is dat net andersom. Op gronden met een hoog adsorptievermogen (CEC) zal de emissie vanuit vloeibare mestproducten relatief sterker dalen ten opzichte van varkensmest dan op gronden met een gering adsorptievermogen.

De ammoniakemissie bij toediening van mineralenconcentraten is zowel gemeten in het lab als onder veldomstandigheden. Velthof & Hummelink (2011) stelden via incubatieproeven vast dat de ammoniakemissie van mineralenconcentraat vergelijkbaar is met die van vleesvarkensdrijfmest bij eenzelfde stikstofgift (Figuur 1). Uitgedrukt als percentage van de toegediende hoeveelheid ammonium (TAN) is de emissie bij mineralenconcentraat lager. De variatie tussen de metingen is hoog en wordt sterk beïnvloed door het feit of de mest en het mineralenconcentraat emissiearm is toegediend. Bij niet-emissiearme toediening neemt de emissie zeer sterk toe bij zowel varkensdrijfmest als mineralenconcentraat.



Figuur 1. De NH_3 -emissie van varkensmest ten opzichte van mineralenconcentraat bij een stikstofgift van 170 kg N/ha gemeten in incubatieproeven (Velthof & Hummelink, 2011).

Huijsmans en Hol (2011) hebben in 2010 de ammoniakemissie van mineralenconcentraat onder veldomstandigheden gemeten. Bij toediening van mineralenconcentraat op graan via zodenbemesting en via sleepslangen in tweevoud en op twee verschillende tijdstippen bedroeg de NH_3 -emissie gemiddeld respectievelijk 3% en 12% van de TAN. Dit percentage is lager dan in eerdere experimenten is gemeten bij toediening van vleesvarkensmest: 9-31% bij zodenbemesting en 24-47% bij sleepslangen (Huijsmans en Hol, 2012). Ze berekenen een ammoniakemissiereductie van respectievelijk 40% en 75% voor toediening van vleesvarkensmest en mineralenconcentraat. Opgemerkt dient te worden dat de meetomstandigheden niet exact gelijk waren. Toediening van mineralenconcentraat in aardappelen met sleepslangen (in tweevoud en op 2 tijdstippen) leverde een 1,5 keer zo hoge emissie op als bij graan. Deels werd dit toegeschreven aan de warme omstandigheden.

Op basis van de beperkte experimenten op bouwland is de emissiefactor van mineralenconcentraat toegediend met sleepslangen aan een groeiend gewas gelijk of lager dan de emissiefactor die gehanteerd wordt voor oppervlakkige inwerking (23% van de TAN, Huijsmans en Vermeulen, 2008). Omgerekend naar kg $\text{NH}_4\text{-N}$ leidde toediening met sleepslangen op tarwe en aardappel tot respectievelijk 10, 7 en 16,7 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ emissie bij een gift van 100 kg totaalstikstof. Oppervlakkige inwerking van varkensdrijfmest geeft gemiddeld 14,9 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ emissie per 100 kg totaalstikstof.

Bij toediening op grasland van mineralenconcentraat en runderdrijfmest via zodenbemesting bedroeg de NH_3 -emissie gemiddeld respectievelijk 8% en 26% van de TAN over twee experimenten die in tweevoud zijn uitgevoerd. De hoeveelheid TAN toegediend met mineralenconcentraat was daarbij wel een factor 2,3 hoger dan toegediend met drijfmest. Omgerekend naar 100 kg totaal stikstof per ha bedraagt de emissie uit runderdrijfmest en concentraat gemiddeld 12,1 en 7,5 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ bij toediening met de zodenbemester. Er zijn geen experimenten van mineralenconcentraat toegediend aan grasland met een niet emissiearme techniek.

In Bijlage 1 staan de beoordelingen van de risico's op emissies weergegeven voor alle emissies en combinaties meststoffen, gewassen, toedieningsmethoden –en tijdstippen en grondsoorten. In deze paragraaf worden de resultaten nader geanalyseerd voor ammoniak. De beoordeling van het risico op ammoniakemissie is uitgevoerd op basis van berekeningen met het Alfam model (Sogaard et al., 2002). In dit model hebben vochtige of droge grond, luchttemperatuur, windsnelheid, mestsoort, drogestofgehalte mest, NH_4 -gehalte mest, toedieningstechniek, toedieningshoeveelheid effect op de ammoniakemissie. Bij de berekeningen is uitgegaan van vochtige grond. Het model maakt indirect onderscheid tussen grasland en bouwland via de toedieningstechniek "direct inwerken". Voor het berekenen van het effect van toedienen in een bepaalde periode van het jaar zijn de langjarige gemiddelde temperatuur en windsnelheid gebruikt voor de betreffende maand op basis van station De Bilt. De mestsoort is ingesteld op runder- of varkensmest. De in Tabel 1 gegeven samenstelling voor drogestofgehalte en NH_4 -Ngehalte is gebruikt. Op

basis van het N-totaalgehalte is vastgesteld hoeveel m³ er toegediend moet worden om een gift van 100 kg N per ha te realiseren. De toedieningstechniek is ingesteld op bovengronds, zodenbemesting of sleepslangen. De berekende waarden zijn in Tabel 7 en in detail in Bijlage 1 weergegeven

In Tabel 6 wordt de berekende ammoniakemissie weergegeven bij toediening op 1 maart. De belangrijkste conclusies zijn:

- De verschillen in ammoniakemissie tussen bouwland en grasland zijn klein.
- Zodebemesting leidt met de vloeibare meststoffen tot een significante reductie in ammoniakemissie, zowel op grasland als op bouwland.
- Bij mineralenconcentraat leidt bovengrondse bemesting in stroken tot een vergelijkbare emissie als zodebemesting (en lager dan bij bovengrondse toediening).
- De ammoniakemissie bij bovengrondse toegediende dikke fractie van gescheiden mest is vergelijkbaar met die van bovengronds toegediende vaste mest. Deze emissie is hoger dan de emissie van rundveedrijfmest met een zodebemester toegediend en lager dan de emissie van bovengronds toegediende rundveedrijfmest.
- De ammoniakemissie bij bovengronds toegediende droge dikke fractie is veel lager dan die van de ongedroogde dikke fractie van gescheiden mest.
- De ammoniakemissie uit bovengronds toegediende permeaat uit omgekeerde osmose is gering.
- De ammoniakemissie uit bovengronds toegediende champost is gering.

In Tabel 7 wordt de berekende ammoniakemissie bij bovengrondse toediening van vaste mestproducten weergegeven. Het risico op ammoniakemissie uit bovengronds toegediende vaste mestproducten neemt iets af naarmater er later in het najaar wordt bemest, maar de verschillen in ammoniakemissie tussen tijdstippen zijn relatief beperkt. Het risico op ammoniakemissie bij toediening in de periode augustus – oktober is hoger dan bij toediening in maart. Het effect van type product en aanwendungsmethode op ammoniakemissie is veel groter dan het effect van tijdstip.

Conclusies

- Bij bovengrondse toediening is de ammoniakemissie van gedroogde dikke fractie, permeaat uit omgekeerde osmose en champost beperkt (< 5% van toegediende N).
- De ammoniakemissie bij bovengrondse toegediende dikke fractie is vergelijkbaar met die van bovengronds toegediende vaste mest (stalmest) en bedraagt ongeveer 10 – 15% van de toegediende N.
- Het risico op ammoniakemissie uit bovengronds toegediende vaste mestproducten neemt iets af naarmater er later in het najaar wordt bemest, maar de verschillen in ammoniakemissie tussen tijdstippen zijn relatief beperkt uitgaande van gemiddelde weersomstandigheden (de emissie bij toediening in december is maximaal 5% van de toegediende N lager dan bij toediening in augustus).
- Het effect van type product en aanwendungsmethode op ammoniakemissie is veel groter dan het effect van tijdstip.

Tabel 6. Berekende ammoniakemissie bij toediening van 100 kg N per ha op 1 maart op basis van berekeningen met het Alfam-model.

Meststof	Toedienings- methode	Ammoniakemissie, % van toegediende N			
		Grasland		Bouwland	
		Zand/ loess	Klei/ veen	Zand/ loess	Klei/ veen
Vaste stalmest; varkens	Bovengronds	16	16	15	15
Vaste stalmest; rundvee	Bovengronds	13	13	12	12
Varkens drijfmest	Bovengronds	39	39	36	36
Varkens drijfmest	Zodebemesting	11	11	10	10
Runder drijfmest	Bovengronds	17	17	16	16
Runder drijfmest	Zodebemesting	9	9	8	8
Mineralenconcentraat	Bovengronds	16	16	15	15
Mineralenconcentraat	Bovengronds; stroken	10	10	9	9
Mineralenconcentraat	Zodebemesting	9	9	8	8
Dikke fractie na mestscheiding	Bovengronds	13	13	12	12
Gedroogde dikke fractie	Bovengronds	1	1	1	1
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Bovengronds	25	25	24	24
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Zodebemesting	7	7	6	6
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Bovengronds	30	30	28	28
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Zodebemesting	8	8	8	8
Permeaat uit omgekeerde osmose	Bovengronds	1	1	1	1
Permeaat uit omgekeerde osmose	Zodebemesting	0	0	0	0
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Bovengronds	29	29	27	27
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Zodebemesting	7	7	7	7
Concentraat uit ultrafiltratie	Bovengronds	21	21	20	20
Concentraat uit ultrafiltratie	Zodebemesting	6	6	5	5
Kippenmest	Bovengronds	9	9	9	9
Champost	Bovengronds	3	3	3	3
Verwerkte kalvergier	Bovengronds	39	39	36	36
Verwerkte kalvergier	Zodebemesting	11	11	10	10

Tabel 7. Berekende ammoniakemissie (in % van toegediende N) bij bovengrondse toediening van 100 kg N per ha van verschillende vaste mestproducten op verschillende tijdstippen, op basis van berekeningen met het Alfam-model

			1-mrt	1-aug	1-sep	1-okt	1-nov	1-dec	
Grasland	Zand/loess	Vaste stalmest; varkens	16	20	19	17	16	15	
		Vaste stalmest; rundvee	13	17	16	15	13	12	
		Dikke fractie na mestscheiding	13	17	16	15	13	12	
		Gedroogde dikke fractie	1	1	1	1	1	1	
		Kippenmest	9	12	11	10	9	9	
		Champost	3	4	4	4	3	3	
		Klei/veen	Vaste stalmest; varkens	16	15	19	17	16	15
	Vaste stalmest; rundvee		13	12	16	15	13	12	
	Dikke fractie na mestscheiding		13	12	16	15	13	12	
	Gedroogde dikke fractie		1	1	1	1	1	1	
	Kippenmest		9	9	11	10	9	9	
	Champost		3	3	4	4	3	3	
	Bouwland		Zand/loess	Vaste stalmest; varkens	15	19	17	16	15
		Vaste stalmest; rundvee		12	16	15	14	12	11
Dikke fractie na mestscheiding		12		16	15	14	12	11	
Gedroogde dikke fractie		1		1	1	1	1	1	
Kippenmest		9		11	10	9	9	8	
Champost		3		4	4	3	3	3	
Klei/veen		Vaste stalmest; varkens		15	14	17	16	15	14
		Vaste stalmest; rundvee	12	11	15	14	12	11	
		Dikke fractie na mestscheiding	12	11	15	14	12	11	
		Gedroogde dikke fractie	1	1	1	1	1	1	
		Kippenmest	9	8	10	9	9	8	
		Champost	3	3	4	3	3	3	

8. Risico op nitraatuitspoeling

Beoordeling

De risico's van nitraatuitspoeling zijn groter naarmate een bepaalde mestgift meer N bevat en een groter deel van deze N uit wateroplosbare minerale N (Nm) bestaat (e.g. Schröder et al., 2012), groter op bouwland dan op grasland (Fraters et al., 2011), groter bij toediening op zandgrond dan bij toediening op kleigrond (Gorissen et al., 1999; Fraters et al., 2011), en de mestgift ver voor of ver na de periode toegediend wordt waarin gewassen N opnemen (e.g. Van Es et al., 2006; Delin & Engström, 2009; Sørensen & Rubaek, 2011).

De dikke fractie uit mestscheiding en vaste mest bevatten, binnen eenzelfde diersoort, vergelijkbare hoeveelheden totaal N per kg fosfaat en minerale N per kg N totaal. Dat betekent dat de risico's van nitraatuitspoeling van beide soorten mest binnen eenzelfde diersoort, grondgebruik, grondsoort en toedieningsmoment gelijk zijn.

De vloeibare mestproducten hebben een hoger aandeel minerale N in totaal N dan drijfmest (Tabel 1). Bijvoorbeeld, circa 90% van de stikstof in mineralenconcentraten is mineraal, terwijl dat in runderdrijfmest en vleesvarkensdrijfmest, respectievelijk 49% en 65% bedraagt. Dat betekent dat het risico van uitspoeling in beginsel groter is tenzij sprake is van voorjaarstoediening.

Een andere factor die het risico op uitspoeling bepaald is de mineralisatie van organische N in een periode dat het gewas geen/weinig stikstof opneemt. Bij een meststof die arm is aan organisch gebonden N (zoals mineralenconcentraat) speelt deze "ontijdige" mineralisatie amper een rol. Bij een meststof met veel organisch gebonden N zal ook bij voorjaarstoediening nog veel mineralisatie plaatsvinden na het groeiseizoen, waardoor zelfs bij voorjaarstoediening de uitspoeling relatief hoog is.

In Bijlage 1 staan de beoordelingen van risico op emissies weergegeven voor alle emissies en combinaties meststoffen, gewassen, toedieningsmethoden –en tijdstippen, grondsoorten en giften. In deze paragraaf worden de resultaten nader geanalyseerd voor nitraat. De beoordeling van het risico op nitraatuitspoeling is uitgevoerd met behulp van de beoordelingstabellen uit het Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest versie 1.0.

In Tabel 8 staat de berekende nitraatuitspoeling bij toediening op 1 maart weergegeven. De belangrijkste conclusies zijn:

- Het risico op nitraatuitspoeling is lager op klei/veen dan op zand/löss. Dit wordt veroorzaakt door verschil in denitrificatie (afbraak van nitraat tot gasvormige stikstofverbindingen). Denitrificatie is hoger in nattere gronden, zoals klei en veen.
- Het risico op nitraatuitspoeling is lager bij bovengrondse toediening van mest dan bij ammoniak-emissiearme toediening. Dit wordt veroorzaakt doordat de hoeveelheid stikstof die in de bodem terecht komt groter is bij emissie-arme dan bij bovengrondse toediening van mestproducten.
- Op grasland is het risico op nitraatuitspoeling bij beoordeelde mestproducten en toedieningstechnieken gering (minder dan 3 kg N per ha) en vergelijkbaar met varkens en runderdrijfmest;
- Op bouwland is het risico op nitraatuitspoeling hoger dan op grasland; dit wordt veroorzaakt door de kortere groeiperiode, de lagere stikstofopname bij bouwland dan bij grasland, en de geringere denitrificatie onder bouwland;
- Op bouwland leidt toediening van de dikke fractie of gedroogde dikke fractie tot een vergelijkbaar risico op nitraatuitspoeling als toediening van vaste mest (stalmest).
- Op bouwland bij toediening met een zodebemesting is het risico op nitraatuitspoeling van de vloeibare mestproducten mineralenconcentraat, digestaat na co-vergisting, permeaat uit omgekeerde osmose, de dunne fractie, concentraat uit ultrafiltratie en verwerkte kalvergier vergelijkbaar met die van drijfmest.

Tabel 8. Berekende nitraatuitspoeling bij toediening van 100 kg N per ha op 1 maart op basis van beoordelingstabellen uit het Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest versie 1.0.

Meststof	Toedienings- methode	Nitraatuitspoeling, % van toegediende N			
		Grasland		Bouwland	
		Zand/ loess	Klei/ veen	Zand/ loess	Klei/ veen
Vaste stalmest; varkens	Bovengronds	3	2	25	12
Vaste stalmest; rundvee	Bovengronds	3	2	28	14
Varkens drijfmest	Bovengronds	2	1	18	9
Varkens drijfmest	Zodebemesting	2	1	25	12
Runder drijfmest	Bovengronds	2	2	21	11
Runder drijfmest	Zodebemesting	3	2	27	13
Mineralenconcentraat	Bovengronds	1	1	13	6
Mineralenconcentraat	Bovengronds; stroken	2	1	23	11
Mineralenconcentraat	Zodebemesting	2	1	23	11
Dikke fractie na mestscheiding	Bovengronds	3	2	24	12
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bovengronds	3	3	32	16
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Bovengronds	2	1	16	8
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Zodebemesting	2	1	24	12
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Bovengronds	2	1	18	9
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Zodebemesting	2	1	26	12
Permeaat uit omgekeerde osmose	Bovengronds	1	1	11	5
Permeaat uit omgekeerde osmose	Zodebemesting	2	1	22	10
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Bovengronds	2	2	20	10
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Zodebemesting	3	2	26	13
Concentraat uit ultrafiltratie	Bovengronds	2	1	18	9
Concentraat uit ultrafiltratie	Zodebemesting	2	1	26	12
Kippenmest	Bovengronds	2	2	21	10
Champost	Bovengronds	3	2	31	16
Verwerkte kalvergier	Bovengronds	1	1	12	6
Verwerkte kalvergier	Zodebemesting	2	1	23	11

In Tabel 9 staat de berekende nitraatuitspoeling bij bovengrondse toediening van verschillende vaste mestproducten op verschillende tijdstippen. De belangrijkste conclusies zijn:

- Op grasland is het risico op nitraatuitspoeling bij de beoordeelde mestproducten veel lager dan op bouwland. Het risico op nitraatuitspoeling neemt iets toe naarmate er later in het najaar vaste mest wordt toegediend, maar ook bij toediening in december is het risico op nitraatuitspoeling uit grasland duidelijk lager dan bij bouwland.
- Het risico op nitraatuitspoeling bij toediening in het najaar is vergelijkbaar voor vaste mest en de beoordeelde producten dikke fractie, gedroogde dikke fractie, kippenmest en champost.
- Op bouwland leidt najaartoediening van vaste mest en vaste mestproducten tot meer uitspoeling dan in het voorjaar. De uitspoeling is hierbij hoger op zand/löss dan op klei/veen door verschil in denitrificatie.
- Toediening van vaste mestproducten in het voorjaar aan bouwland op zandgrond leidt tot een uitspoeling die overeenkomt met ongeveer 24 – 31% van de toegediende N. Bij toediening in het najaar komt de uitspoeling overeen met 33 – 49% van de toegediende N. De hoogste uitspoeling treedt op bij toediening in september; dit komt doordat bij toediening in september de periode waarin kan uitspoelen het langst is, terwijl de N-opname van het (vang)gewas beperkt is.
- Indien de vaste mestproducten in het najaar worden toegediend, dan is het risico op uitspoeling het hoogst bij champost. Dit wordt veroorzaakt doordat ammoniakemissie bij champost lager is dan bij de overige vaste mestproducten. De hoeveelheid stikstof die aan de bodem wordt toegediend en gevoelig is voor uitspoeling is daardoor hoger bij champost dan de overige producten. Het risico op uitspoeling bij toediening van de dikke fractie van gescheiden mest in het najaar is vergelijkbaar met die van vaste mest.

Tabel 9. Berekende nitraatuitspoeling (in kg N per ha) bij bovengrondse toediening van 100 kg N per ha van verschillende vaste mestproducten op verschillende tijdstippen, op basis van beoordelingstabellen uit het Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest versie 1.0.

			1-mrt	1-aug	1-sep	1-okt	1-nov	1-dec
Grasland	Zand/loess	Vaste stalmest; varkens	3	2	2	3	4	4
		Vaste stalmest; rundvee	3	4	5	6	6	6
		Dikke fractie na mestscheiding	3	4	5	6	6	5
		Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	3	5	5	5	4	4
		Kippenmest	2	2	3	4	5	4
		Champost	3	4	5	5	5	4
	Klei/veen	Vaste stalmest; varkens	2	2	2	2	2	1
		Vaste stalmest; rundvee	2	3	3	3	3	3
		Dikke fractie na mestscheiding	2	3	3	3	3	3
		Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	3	3	3	3	3	3
		Kippenmest	2	2	2	2	2	2
		Champost	2	3	3	3	3	3
Bouwland	Zand/loess	Vaste stalmest; varkens	25	38	42	41	39	37
		Vaste stalmest; rundvee	28	42	46	44	42	39
		Dikke fractie na mestscheiding	24	37	41	41	38	36
		Gedroogde dikke fractie	32	47	50	48	44	42
		Kippenmest	21	33	38	38	36	34
		Champost	31	46	49	47	43	41
	Klei/veen	Vaste stalmest; varkens	12	18	20	19	18	16
		Vaste stalmest; rundvee	14	20	21	20	19	17
		Dikke fractie na mestscheiding	12	18	19	19	17	16
		Gedroogde dikke fractie	16	23	23	22	20	19
		Kippenmest	10	16	18	17	16	15
		Champost	16	22	23	21	20	18

Conclusies

- Het risico op nitraatuitspoeling van de beoordeelde mestproducten is bij toediening op 1 maart vergelijkbaar met die van vaste mest (voor dikke fractie of gedroogde dikke fractie) en drijfmest (voor mineralenconcentraat, digestaat na co-vergisting, permeaat uit omgekeerde osmose, de dunne fractie, concentraat uit ultrafiltratie en verwerkte kalvergier).
- Bovengrondse toediening van vaste mest en mestproducten in het najaar leidt op grasland tot een relatief beperkte toename van het risico op nitraatuitspoeling.
- Op bouwland is het risico op nitraatuitspoeling bij alle vaste mest en mestproducten, zelfs bij bovengrondse toediening en daardoor lagere verliesrisico's via de bodem, hoger bij toediening in het najaar dan bij toediening in het voorjaar. De uitspoeling in het najaar bij toediening van vaste mestproducten aan zandgrond is 10 – 18 kg N per ha hoger dan de uitspoeling bij toediening in het voorjaar (ongeveer 35 – 45% hoger). Het risico op uitspoeling bij toediening van de dikke in het najaar is vergelijkbaar met die van vaste mest.

9. Risico op stikstof- en fosfaatemissie naar oppervlaktewater

Beoordeling

Omwille van vergelijkbaarheid vertrekken de beoordelingen alle vanuit een gift van 100 kg N-totaal per hectare. Afhankelijk van de mestsoort is deze N-hoeveel met sterk verschillende hoeveelheden fosfaat verbonden. De beoordeling beperkt zich dan ook tot stikstof. De risico's van N-emissies naar het oppervlaktewater zijn groter naarmate een bepaalde mestgift meer N bevat en een groter deel van deze N uit wateroplosbare minerale N (Nm) bestaat (e.g. Schröder et al., 2012), groter als percelen hellingen, groter naarmate de meststof oppervlakkig wordt toegediend, en groter naarmate de snelheid van infiltratie kleiner is (Merrit et al., 2003; Fiener et al., 2011). Wat betreft dat laatste geldt dat de infiltratie op lichte, diep ontwaterde grond sneller verloopt dan op zware, ondiep ontwaterde grond. Infiltratie verloopt ook sneller op een begroeide (of gemulchte) grond dan op een kale grond. In de praktijk zullen verschillende factoren tegen elkaar inwerken. Zo zal grasland vaker op zware, ondiep ontwaterde grond liggen en bijgevolg een groter risico vertonen, maar staat daar tegenover dat de permanente begroeiing oppervlakkige afspoeling sterk zal beperken (Noij et al., 2008; Louwagie et al., 2009). De kans op afspoeling is bovendien groter op een waterverzadigde of bevroren bodem, dan op een relatief droge of onbevroren bodem (McDowell et al., 2001). Dat betekent dat het risico op afspoeling in het algemeen toeneemt van herfst naar voorjaar.

De dikke fractie uit mestscheiding en vaste mest bevatten, binnen eenzelfde diersoort, vergelijkbare hoeveelheden totaal N per kg fosfaat en minerale N per kg totaal N. Dat betekent dat de risico's van emissies naar het oppervlaktewater van beide soorten mest binnen eenzelfde diersoort, grondgebruik, grondsoort en toedieningsmoment gelijk zijn. Naar verwachting zullen de risico's zeer klein zijn bij toediening op grasland gelegen op zand of loess en toediening in het voorjaar, en zullen de risico's relatief groot zijn bij toediening op kaal bouwland gelegen op klei of veen en toediening in het najaar.

De vloeibare mestproducten hebben een hoog aandeel minerale N in totaal N dan drijfmest (Tabel 1). Dat betekent dat het risico van uitspoeling in beginsel groter is tenzij sprake is van voorjaarstoediening. Naar verwachting zullen de risico's relatief klein zijn bij toediening van vloeibare mestproducten aan grasland gelegen op zand of löss, en zullen de risico's relatief groot zijn bij toediening op kaal bouwland gelegen op klei of veen.

De beoordeling van het risico op N-afspoeling is uitgevoerd met behulp van de beoordelingstabellen uit het Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest versie 1.0. Of een de risico's van fosfaatafspoeling hand in hand gaan met de risico's van N-afspoeling, kan beoordeeld worden aan de hand van de N_{totaal}/P_2O_5 verhoudingen van de mesten (Tabel 1). In zijn algemeenheid is zijn de risico's van fosfaatafspoeling per 100 kg toegediende N-totaal laag bij de mesten van rundvee en bij dunne fracties, concentraten en permeaten van verwerkte mest, en hoog bij vaste mesten en dikke fracties, in het bijzonder die van varkens.

In Tabel 10 staat de beoordeling van het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater bij toediening op 1 maart. De belangrijkste conclusies zijn:

- Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater is veel hoger voor bouwland dan voor grasland. Permanente begroeiing beperkt oppervlakkige afspoeling sterk.
- Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater is hoger op klei/veen dan op zand/löss. Dit wordt veroorzaakt door de infiltratie van stikstof en fosfaat in de bodem geringer is op klei en veen dan op zand en löss.
- Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater bij toediening in maart is vergelijkbaar voor dikke fractie van gescheiden mest en vaste mest.
- Het risico op afspoeling van stikstof op klei en veen is iets groter bij vloeibare mestproducten (zoals mineralenconcentraten, dunne fractie van gescheiden mest, digestaat, kalvergiel) dan vaste mestproducten, omdat de vloeibare meststoffen meer water oplosbare minerale N bevatten.

Tabel 10. Beoordeling van het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater bij toediening van 100 kg N per ha op 1 maart op basis van beoordelingstabellen uit het Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest versie 1.0. + is beperkt risico en ++++ is hoog risico.

	Toedienings- methode	Oppervlakkige afspoeling			
		Grasland		Bouwland	
		Zand/loess	Klei/veen	Zand/loess	Klei/veen
Vaste stalrest; varkens	Bovengronds	+	++	++	+++
Vaste stalrest; rundvee	Bovengronds	+	++	++	+++
Varkens drijfmest	Bovengronds	+	++	++	+++
Varkens drijfmest	Zoedibemesting	+	++	++	+++
Runder drijfmest	Bovengronds	+	++	++	+++
Runder drijfmest	Zoedibemesting	+	++	++	+++
Mineralenconcentraat	Bovengronds	++	+++	+++	++++
Mineralenconcentraat	Bovengronds; stroken	+	++	++	+++
Mineralenconcentraat	Zoedibemesting	++	+++	+++	++++
Dikke fractie na mestscheiding	Bovengronds	+	++	++	+++
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bovengronds	+	++	++	+++
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Bovengronds	+	++	++	+++
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Zoedibemesting	++	+++	+++	++++
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Bovengronds	+	++	++	+++
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Zoedibemesting	+	++	++	+++
Permeaat uit omgekeerde osmose	Bovengronds	++	+++	+++	++++
Permeaat uit omgekeerde osmose	Zoedibemesting	++	+++	+++	++++
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Bovengronds	+	++	++	+++
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Zoedibemesting	+	++	++	+++
Concentraat uit ultrafiltratie	Bovengronds	+	++	++	+++
Concentraat uit ultrafiltratie	Zoedibemesting	+	++	++	+++
Kippenmest	Bovengronds	+	++	++	+++
Champost	Bovengronds	+	++	++	+++
Verwerkte kalvergier	Bovengronds	++	+++	+++	++++
Verwerkte kalvergier	Zoedibemesting	++	+++	+++	++++

In Tabel 11 staan de beoordelingen van het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater bij toediening van vaste mestproducten op verschillende tijdstippen. De belangrijkste conclusies zijn:

- Het risico op klei en veen is groter dan op zand en löss.
- Het risico op bouwland is groter dan op grasland

Conclusies

- Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater is veel hoger voor bouwland dan voor grasland. Permanente begroeiing beperkt oppervlakkige afspoeling sterk.
- Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater is hoger op klei/veen dan op zand/löss. Dit wordt veroorzaakt door de infiltratie van stikstof en fosfaat in de bodem geringer is op klei en veen dan op zand en löss.
- Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater bij toediening in maart is vergelijkbaar voor dikke fractie van gescheiden mest en vaste mest.
- Het risico op afspoeling van stikstof op klei en veen is iets groter bij vloeibare mestproducten (zoals mineralenconcentraten, dunne fractie van gescheiden mest, digestaat, kalvergier) dan vaste mestproducten, omdat de vloeibare meststoffen meer water oplosbare minerale N bevatten.
- Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater neemt toe naarmate de (bovengronds toegediende) mest later in het seizoen worden toegediend.

Tabel 11. Beoordeling van het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater bij bovengrondse toediening van 100 kg N per ha van verschillende vaste mestproducten op verschillende tijdstippen, op basis van beoordelingstabellen uit het Protocol gebruiksvorschriften dierlijke mest versie 1.0. + is beperkt risico en +++++ is zeer hoog risico.

			1-mrt	1-aug	1-sep	1-okt	1-nov	1-dec	
Grasland	Zand/loess	Vaste stalmest; varkens	+	+	++	++	+++	+++	
		Vaste stalmest; rundvee	+	+	++	++	+++	+++	
		Dikke fractie na mestscheiding	+	+	++	++	+++	+++	
		Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	+	+	++	++	+++	+++	
		Kippenmest	+	+	++	++	+++	+++	
		Champost	+	+	++	++	+++	+++	
		Klei/veen	Vaste stalmest; varkens	++	++	+++	+++	++++	++++
	Vaste stalmest; rundvee	++	++	+++	+++	++++	++++		
	Dikke fractie na mestscheiding	++	++	+++	+++	++++	++++		
	Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	++	++	+++	+++	++++	++++		
	Kippenmest	++	++	+++	+++	++++	++++		
	Champost	++	++	+++	+++	++++	++++		
	Bouwland	Zand/loess	Vaste stalmest; varkens	++	++	+++	+++	++++	++++
			Vaste stalmest; rundvee	++	++	+++	+++	++++	++++
Dikke fractie na mestscheiding			++	++	+++	+++	++++	++++	
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding			++	++	+++	+++	++++	++++	
Kippenmest			++	++	+++	+++	++++	++++	
Champost			++	++	+++	+++	++++	++++	
Klei/veen			Vaste stalmest; varkens	+++	+++	++++	++++	+++++	+++++
Vaste stalmest; rundvee		+++	+++	++++	++++	+++++	+++++		
Dikke fractie na mestscheiding		+++	+++	++++	++++	+++++	+++++		
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding		+++	+++	++++	++++	+++++	+++++		
Kippenmest		+++	+++	++++	++++	+++++	+++++		
Champost		+++	+++	++++	++++	+++++	+++++		

10. Risico op lachgasemissie

Beoordeling

In incubatiestudies met grond van Velthof en Hummelink (2011) is de lachgasemissie bepaald bij verschillende meststoffen en toedieningsmethoden. Uit het onderzoek komt naar voren dat er geen consistent verschil is tussen ingewerkte onbehandelde varkensmest en oppervlakkig toegediende dikke fractie van gescheiden mest. Bij de producten van drie bedrijven was de emissie lager bij de oppervlakkig toegediende dikke fractie dan bij ingewerkte varkensdrijfmest, bij twee bedrijven was de emissie hoger bij de oppervlakkig toegediende dikke fractie dan bij ingewerkte varkensdrijfmest en bij twee bedrijven waren de emissies vergelijkbaar. De samenstelling van de mest en dikke fractie hebben blijkbaar een groot effect op de lachgasemissie, maar uit de proeven kon niet worden afgeleid welke eigenschappen een rol speelden in de verschillen tussen dikke fractie en onbehandelde varkensmest. Het inwerken van mineralenconcentraat leidde net zoals het inwerken van mest tot een hogere lachgasemissie dan oppervlakkige toediening. Gemiddeld over alle proeven en toedieningstechnieken was de lachgasemissie bij toepassing van concentraat ongeveer een factor 1,5 hoger dan die bij onbehandelde mest, maar er waren grote verschillen tussen de producten. Een reden hiervoor kan zijn dat anderen factoren een grotere rol speelden dan de aanwezigheid van afbreekbare organische stof (bijvoorbeeld het aandeel ammonium in totaal stikstof) of dat concentraten gemakkelijk afbreekbare organische stof bevatten, zoals vluchtige vetzuren. Toediening van mineralenconcentraat leidde dus tot een relatief hoge lachgasemissie, vooral als het concentraat emissie arm werd toegediend.

De beoordeling van het risico op nitraatuitspoeling is uitgevoerd met behulp van de beoordelingstabellen uit het Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest versie 1.0.

In Tabel 12 staat de berekende lachgasemissie. De belangrijkste conclusies zijn:

- Het risico op lachgasemissies bij dikke fractie uit gescheiden mest en gedroogde dikke fractie is vergelijkbaar.
- Zodebemesting leidt tot een hogere lachgasemissie dan bovengrondse toediening, zowel voor drijfmest als de beoordeelde vloeibare mestproducten.
- Het risico op lachgasemissie is hoger bij mineralenconcentraten en digestaat dan bij drijfmest.

In Tabel 13 staan de beoordelingen van het risico op lachgasemissie bij toediening van vaste mestproducten op verschillende tijdstippen. Het risico op lachgasemissie is hoger bij toediening in het najaar dan bij toediening in maart of augustus. Naarmater de bodem natter is, zal het risico op lachgasemissie groter zijn.

Conclusies:

- Het risico op lachgasemissies bij dikke fractie uit gescheiden mest en gedroogde dikke fractie is vergelijkbaar.
- Zodebemesting leidt tot een hogere lachgasemissie dan bovengrondse toediening, zowel bij drijfmest als bij de beoordeelde vloeibare mestproducten.
- Het risico op lachgasemissie is hoger bij mineralenconcentraten en digestaat dan bij drijfmest.
- Het risico op lachgasemissie is hoger bij toediening in het najaar dan bij toediening in maart of augustus.

Tabel 12. Berekende lachgasemissie bij toediening van 100 kg N per ha op 1 maart op basis van beoordelingstabellen uit het Protocol gebruiksvorschriften dierlijke mest versie 1.0.

Meststof	Toedienings- methode	Lachgasemissie, % van toegediende N			
		Grasland		Bouwland	
		Zand/ loess	Klei/ veen	Zand/ loess	Klei/ veen
Vaste stalrest; varkens	Bovengronds	0,15	0,15	0,65	0,65
Vaste stalrest; rundvee	Bovengronds	0,08	0,08	0,32	0,32
Varkens drijfmest	Bovengronds	0,15	0,15	0,65	0,65
Varkens drijfmest	Zoedebemesting	0,30	0,30	1,30	1,30
Runder drijfmest	Bovengronds	0,15	0,15	0,65	0,65
Runder drijfmest	Zoedebemesting	0,30	0,30	1,30	1,30
Mineralenconcentraat	Bovengronds	0,30	0,30	1,30	1,30
Mineralenconcentraat	Bovengronds; stroken	0,60	0,60	2,60	2,60
Mineralenconcentraat	Zoedebemesting	0,60	0,60	2,60	2,60
Dikke fractie na mestscheiding	Bovengronds	0,08	0,08	0,65	0,65
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bovengronds	0,08	0,08	0,32	0,32
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Bovengronds	0,30	0,30	1,30	1,30
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Zoedebemesting	0,60	0,60	2,60	2,60
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Bovengronds	0,15	0,15	0,65	0,65
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Zoedebemesting	0,30	0,30	1,30	1,30
Permeaat uit omgekeerde osmose	Bovengronds	0,30	0,30	1,30	1,30
Permeaat uit omgekeerde osmose	Zoedebemesting	0,60	0,60	2,60	2,60
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Bovengronds	0,15	0,15	0,65	0,65
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Zoedebemesting	0,30	0,30	1,30	1,30
Concentraat uit ultrafiltratie	Bovengronds	0,15	0,15	0,65	0,65
Concentraat uit ultrafiltratie	Zoedebemesting	0,30	0,30	1,30	1,30
Kippenmest	Bovengronds	0,15	0,15	0,65	0,65
Champost	Bovengronds	0,08	0,08	0,32	0,32
Verwerkte kalvergier	Bovengronds	0,08	0,08	0,32	0,32
Verwerkte kalvergier	Zoedebemesting	0,15	0,15	0,65	0,65

Tabel 13. Berekende lachgasemissie (in % van toegediende N) bij bovengrondse toediening van 100 kg N per ha van verschillende vaste mestproducten op verschillende tijdstippen, op basis van beoordelingstabellen uit het Protocol gebruiksvoorschriften dierlijke mest versie 1.0.

			1-mrt	1-aug	1-sep	1-okt	1-nov	1-dec
Grasland	Zand/loess	Vaste stalmest; varkens	0,15	0,15	0,30	0,30	0,30	0,30
		Vaste stalmest; rundvee	0,08	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15
		Dikke fractie na mestscheiding	0,08	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15
		Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	0,08	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15
		Kippenmest	0,15	0,15	0,30	0,30	0,30	0,30
		Champost	0,08	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15
	Klei/veen	Vaste stalmest; varkens	0,15	0,15	0,30	0,30	0,30	0,30
		Vaste stalmest; rundvee	0,08	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15
		Dikke fractie na mestscheiding	0,08	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15
		Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	0,08	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15
		Kippenmest	0,15	0,15	0,30	0,30	0,30	0,30
		Champost	0,08	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15
Bouwland	Zand/loess	Vaste stalmest; varkens	0,65	0,65	1,30	1,30	1,30	1,30
		Vaste stalmest; rundvee	0,32	0,32	0,65	0,65	0,65	0,65
		Dikke fractie na mestscheiding	0,32	0,32	0,65	0,65	0,65	0,65
		Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	0,32	0,32	0,65	0,65	0,65	0,65
		Kippenmest	0,65	0,65	1,30	1,30	1,30	1,30
		Champost	0,32	0,32	0,65	0,65	0,65	0,65
	Klei/veen	Vaste stalmest; varkens	0,65	0,65	1,30	1,30	1,30	1,30
		Vaste stalmest; rundvee	0,32	0,32	0,65	0,65	0,65	0,65
		Dikke fractie na mestscheiding	0,32	0,32	0,65	0,65	0,65	0,65
		Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	0,32	0,32	0,65	0,65	0,65	0,65
		Kippenmest	0,65	0,65	1,30	1,30	1,30	1,30
		Champost	0,32	0,32	0,65	0,65	0,65	0,65

11. Beantwoording van de vragen over uitrijdstippen

Het Besluit gebruik meststoffen staat thans toe vaste mest op bevroren grasland uit te rijden indien daarop een beheer wordt gevoerd (lees: een functie heeft als weidevogelbroedgebied) en het gebruik van vaste meststof onderdeel is van het op het desbetreffende grasland van toepassing zijnde beheersregime. In hoeverre wordt de kwaliteit van het oppervlaktewater in weidegebieden geschaad, indien vaste mest ook op ander grasland dat mede een functie heeft als broedgebied voor weidevogels, op bevroren grond wordt uitgereden.

Het gebruik van vaste mest heeft een gunstiger effect op de weidevogelstand dan het gebruik van drijfmest en maakt daarom vaak deel uit van beheerafspraken. De vraagstelling suggereert dat er thans graslanden zijn die een betekenisvol broedgebied voor weidevogels vormen maar waar geen formeel beheer wordt gevoerd. Weliswaar is niet uit te sluiten dat in dergelijke graslanden zich van tijd tot tijd één of enkele broedgevallen voordoen, maar betekenisvol voor de instandhouding van weidevogelpopulaties zullen deze graslanden zonder aanvullende beheerbepalingen niet zijn. Een succesvolle instandhouding hangt namelijk niet af van de aanwezigheid van (met vaste mest te bemesten) grasland als zodanig, maar van de aanwezigheid van ondiep ontwaterde graslandpercelen die, bijgevolg, pas na half juni gemaaid worden (Oosterveld, 2006 en 2009; Klein et al., 2009). Daarom is het verstandig om deze voorwaarden vast te leggen in een overeenkomst, zoals in de praktijk ook zeer gebruikelijk is. Waar de mogelijkheid voor het afsluiten van een dergelijke overeenkomst ontbreekt, kan kennelijk niet voldaan worden aan één of meer voorwaarden om het gebied betekenisvol te laten zijn broedsucces. Onder dergelijke omstandigheden vervallen daarom argumenten om vaste mest, omwille van het broedsucces van weidevogels, op bevroren grond uit te rijden en overwegen de nadelen: te weten een vergrote kans op afspoeling. Daar waar wel sprake is van beheerafspraken is de ontwatering dikwijls zo beperkt dat het voor het risico van afspoeling betrekkelijk weinig uitmaakt of vaste mest op een waterverzadigde grond wordt uitgereden of op een bevroren grond. Het alternatief zou zijn om daar maar liever geheel niet te bemesten maar daarmee is de instandhouding van weidevogelpopulaties nog minder gediend.

In hoeverre kan een verdere aanscherping van de uitrijperioden voor drijfmest leiden tot een betere kwaliteit van het oppervlaktewater.

Voor bouwland op zandgrond heeft verlengen van uitrijverbod in het voorjaar een maand positief effect op de N-uitspoelingsrisico's (Tabel 14). Voor bouwland op klei en voor grasland op zand en klei is het risico op nitraatuitspoeling bij voorjaarstoediening beperkt. Het risico op afspoeling is sterk afhankelijk van de neerslag en vochttoestand van de bodem. Gemiddeld zal het risico op afspoeling afnemen naarmate mest later wordt toegediend.

Tabel 14. Berekende nitraatuitspoeling (in kg N per ha) bij emissie-arme toediening van 100 kg N per ha runder- en varkensdrijfmest (zodebemesting) op verschillende tijdstippen.

Mest	Grondsoort	Gewas	Maand van toediening											
			Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Drijfmest, rund	zand	bouwland	48	34	27	24	25	30	37	47	60	62	60	57
Drijfmest, varken	zand	bouwland	51	33	25	22	22	27	35	47	62	66	64	61
Drijfmest, rund	klei	bouwland	16	13	13	13	14	16	19	24	28	28	26	23
Drijfmest, varken	klei	bouwland	16	12	12	13	13	15	19	24	29	30	28	24
Drijfmest, rund	zand	grasland	10	5	3	2	2	2	2	3	5	10	15	15
Drijfmest, varken	zand	grasland	13	5	2	1	1	1	2	2	5	12	19	19
Drijfmest, rund	klei	grasland	3	2	2	2	2	2	3	4	4	5	5	4
Drijfmest, varken	klei	grasland	3	2	1	1	2	2	3	4	5	6	5	4

12. Synthese

De belangrijkste conclusies met betrekking tot de vier gesteld vragen (zie paragraaf 1 Gegevens) worden hieronder weergegeven. Aan het eind wordt hierbij ingegaan op onzekerheden.

Bij de beoordeling is een oordeel gemaakt over het risico op emissies van nitraat en stikstof naar grond- en oppervlaktewater en ammoniak en lachgas naar de atmosfeer. Het wordt aanbevolen om bij discussies over mogelijk bovengrondse toediening van dikke fractie van gescheiden mest ook de mogelijke stankoverlast te betrekken. Bij bovengrondse toediening van dikke fractie kan stank ontstaan.

In hoeverre neemt de emissie van ammoniak toe indien in de paragraaf 1 genoemde meststoffen niet emissiearm worden toegediend

Zodembemesting leidt tot een significante reductie in ammoniakemissie bij mineralenconcentraat, digestaat na co-vergisting van mest, de dunne fractie van gescheiden mest, het concentraat uit ultrafiltratie en verwerkte kalvergier. Het risico op ammoniakemissie na bovengrondse toediening van het permeaat uit omgekeerde osmose is gering.

De ammoniakemissie bij bovengrondse toegediende dikke fractie is vergelijkbaar met die van bovengronds toegediende vaste mest (stalmest). De ammoniakemissie uit vaste mest en dikke fractie is niet verwaarloosbaar; ongeveer 10 – 15% van de totale N gaat verloren. Bij bovengrondse toediening is de ammoniakemissie van gedroogde dikke fractie van gescheiden mest en champost beperkt.

Het risico op ammoniakemissie uit bovengronds toegediende vaste mestproducten neemt iets af naarmater er later in het najaar wordt bemest, maar de verschillen in ammoniakemissie tussen tijdstippen zijn beperkt. Het effect van type product en aanwendungsmethode op ammoniakemissie is veel groter dan het effect van tijdstip.

In hoeverre is er gevaar voor uitspoeling van stikstof indien de onder punt 1 genoemde typen meststoffen zouden worden toegediend buiten de thans toegelaten periode

De beoordeling is uitgevoerd voor de vast mestproducten dikke fractie na mestscheiding, gedroogde dikke fractie na mestscheiding, kippenmest en champost. Hierbij is een vergelijking gemaakt met vaste mest (stalmest).

Op grasland is het risico op nitraatuitspoeling bij de beoordeelde mestproducten veel lager dan op bouwland. Het risico op nitraatuitspoeling neemt iets toe naarmate er later in het najaar vaste mest wordt toegediend, maar ook bij toediening in december is het risico op nitraatuitspoeling uit grasland duidelijk lager dan bij bouwland.

Op bouwland leidt najaartoediening van vaste mest en vaste mestproducten tot meer uitspoeling dan in het voorjaar. De uitspoeling is hierbij hoger op zand/löss dan op klei/veen door verschil in denitrificatie. Het risico op nitraatuitspoeling bij toediening in het najaar is vergelijkbaar voor vaste mest en de beoordeelde producten dikke fractie, gedroogde dikke fractie, kippenmest en champost. Toediening van vaste mestproducten in het voorjaar aan bouwland op zandgrond leidt tot een uitspoeling die overeenkomt met ongeveer 24 – 31% van de toegediende N. Bij toediening in het najaar komt de uitspoeling overeen met 33 – 49% van de toegediende N. De hoogste uitspoeling treedt op bij toediening in september; dit komt doordat bij toediening in september de periode waarin kan uitspoelen het langst is, terwijl de N-opname van het (vang)gewas beperkt is.

Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater is veel hoger voor bouwland dan voor grasland. Permanente begroeiing beperkt oppervlakkige afspoeling sterk. Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater is hoger op klei/veen dan op zand/löss. Dit wordt veroorzaakt door de infiltratie van stikstof en fosfaat in de bodem geringer is op klei en veen dan op zand en löss.

Het risico op afspoeling van stikstof op klei en veen is iets groter bij vloeibare mestproducten (zoals mineralenconcentraten, dunne fractie van gescheiden mest, digestaat, kalvergier) dan vaste mestproducten, omdat de vloeibare meststoffen meer water oplosbare minerale N bevatten. Het risico op stikstofemissie naar het oppervlaktewater neemt toe naarmate de (bovengronds toegediende) mest later in het seizoen worden toegediend.

In hoeverre wordt de kwaliteit van het oppervlaktewater in weidegebieden geschaad, indien vaste mest ook op ander grasland dat mede een functie heeft als broedgebied voor weidevogels, op bevroren grond wordt uitgereden.

Een succesvolle instandhouding van weidevogels hangt niet zozeer af van de aanwezigheid van (met vaste mest te bemesten) grasland als zodanig, als wel van de aanwezigheid van ondiep ontwaterde graslandpercelen die, bijgevolg, pas na half juni gemaaid worden. Het uitrijden van vaste mest over bevroren grond geeft geen betekenisvol hoger risico op afspoeling dan het uitrijden op een waterverzadigde grond. Waar een een formele beheerovereenkomst gericht op weidevogels ontbreekt, wordt kennelijk niet aan alle voorwaarden voor een gunstig effect op weidevogelpopulaties voldaan. Onder dergelijke omstandigheden vervallen daarom argumenten om vaste mest, omwille van het broedsucces van weidevogels, op bevroren grond uit te rijden en overwegen de nadelen: te weten een vergrote kans op afspoeling.

In hoeverre kan een verdere aanscherping van de uitrijperioden voor drijfmest leiden tot een betere kwaliteit van het oppervlaktewater.

Voor bouwland op zandgrond leidt het verlengen van het uitrijverbod in het voorjaar tot een lager risico op nitraatuitspoeling. Voor bouwland op klei en voor grasland op zand en klei is het risico op nitraatuitspoeling bij voorjaarstoediening beperkt. Het risico op afspoeling is sterk afhankelijk van de neerslag en vochttoestand van de bodem. Gemiddeld zal het risico op afspoeling afnemen naarmate mest later wordt toegediend.

Onzekerheden

De beoordelingen omvatten twee typen onzekerheden, namelijk i) onzekerheden gerelateerd aan de gekozen methode om het risico op emissies in te schatten en ii) onzekerheden gerelateerd aan de uitgangspunten.

Onzekerheden bij de gekozen methoden:

- De beoordeling van afspoeling is kwalitatief. Voor dit proces zijn geen eenvoudige tools beschikbaar om het risico op emissies te beoordelen. De algemene principes bij de bepaling van het risico op afspoeling zijn wel duidelijk (hoe natter hoe hoger het risico, op veen/klei hoger risico dan op zand).
- Ammoniakemissie en nitraatuitspoeling zijn gebaseerd op bestaande modelconcepten. Er zit een onzekerheid in de kwantificering zelf, maar de verschillen in risico's tussen verschillende producten, tijdstippen en toedieningsmethoden zijn redelijk goed te beoordelen.
- De beoordeling van lachgasemissie is kwantitatief, maar gebaseerd op expert judgement. Lachgasemissie is een complex proces en daardoor is de beoordeling behept met een behoorlijke onzekerheid.

Onzekerheden bij de gekozen uitgangspunten:

- Er is uitgegaan van een gemiddelde samenstelling van de producten. De samenstelling van mesten en producten uit mest sterk kan sterk variëren. De samenstelling van producten is gebaseerd op gemiddelde waarden. Bij sommige producten is weinig informatie beschikbaar, zodat de waarde is gebaseerd kan zijn op een enkele studie. Een andere samenstelling kan leiden tot een andere beoordeling van het risico op emissies. Het risico op uitspoeling wordt met name bepaald door de aanwezigheid van minerale N (meestal ammonium) en het risico op ammoniakemissie op de aanwezigheid van ammonium (TAN) en de pH. Variaties in samenstelling zullen de risico's van emissies

beïnvloeden, maar het is echter niet aannemelijk dat de samenstelling dusdanig varieert binnen een specifiek product dat het risico op emissies totaal verschillend zal zijn.

- De beoordeling is uitgegaan van een standaardgift van 100 kg N-totaal per ha. Deze keuze heeft effect op het risico op emissies. Indien de gift wordt gebaseerd op een fosfaatgift of op een werkzame N gift dan kan het risico op emissies anders zijn. Of een de risico's van fosfaatverlies, met name afspoeling, hand in hand gaan met de risico's van N-verlies, hangt af van de N-totaal/ P_2O_5 verhoudingen van de mesten. In zijn algemeenheid is zijn de risico's van fosfaatafspoeling per 100 kg toegediende N-totaal laag bij de mesten van rundvee en bij dunne fracties, concentraten en permeaten van verwerkte mest, en hoog bij vaste mesten en dikke fracties, in het bijzonder die van varkens.
- De beoordeling is uitgevoerd voor gemiddelde weersomstandigheden per maand. Het weer heeft grote invloed op alle emissies. Er is geen beoordeling uitgevoerd voor het risico op emissies bij verschillende weertypen. In het algemeen neemt het risico op uit- en afspoeling en lachgasemissie toe naarmate het natter is en neemt het risico op ammoniakemissie af.

Referenties

- Delin, S. & L. Engström (2009) Timing of organic fertiliser application to synchronise nitrogen supply with crop demand. *Acta Agric. Scan., Soil Plan Sci.* 60: 78-88.
- Ehlert P.A.I. and P. Hoeksma (2011) Landbouwkundige en milieukundige perspectieven van mineralenconcentraten. Deskstudie in het kader van de Pilots Mineralenconcentraten. Rapport 2185, Alterra, Wageningen, 76 p.
- Fiener, P., K. Auerswald, & K. Van Oost (2011) Spatio-temporal patterns in land use and management affecting surface runoff response to agricultural catchments – A review. *Earth Science Reviews.* 106: 92-104.
- Fraters, B., T. van Leeuwen, A. Hooijboer, M. Hoogeveen, L. Boumans & J. Reijs (2011) Notitie herziening stikstofuitspoelfracties in verband met het toevoegen van meetgegevens voor de periode 2005 – 2009 (concept 20 juni 2011), RIVM, Bilthoven, 20 pp.
- Gorissen, A., J.J. Schröder, O. Oenema & A.P. Whitmore (1999) Deskstudie najaarstoediening dierlijke mest op kleigronden. AB-DLO, Rapport 95, Wageningen.
- Hoeksma P., F.E. de Buissonjé, P.A.I. Ehlert and J.H. Horrevorts (2011) Mineralenconcentraten uit dierlijke mest. Monitoring in het kader van de pilot mineralenconcentraten. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 481, 58 p.
- Huijsmans JFM, Mosquera J & Hol JMG (2007). Ammoniakemissie bij het uitrijden van vaste mest. Plant Research International-WUR, Wageningen, rapport 155; 20 pp.
- Huijsmans JFM en Hol JMG (2011). Ammoniakemissie bij toediening van mineralenconcentraat op beteeld bouwland en grasland. Plant research International. Wageningen, PRI rapport 387, blz 25
- Huijsmans JFM en Hol JMG (2012). Ammoniakemissie bij mesttoediening in wintertarwe op kleibouwland. Plant research International. Wageningen, PRI rapport 446, blz. 23.
- Klein, D. et al. (2009) Het belang van hoog waterpeil en bemesting voor de grutto. *De Levende Natuur* 110 (4), 180-183
- Klop G., G.L. Velthof and J.W. van Groenigen (2012) Application technique affects the potential of mineral concentrates from livestock manure to replace inorganic nitrogen fertiliser. *Soil Use and Management* 28, 468–477.
- Louwagie, G., S.H. Gay & A. Burrell (2009) Sustainable agriculture and soil conservation (SoCo); final report. JRC Scientific and Technical Reports EUR 23820EN, Ispra, Italy, 171 pp.
- MdDowell, R.W., A.N. Sharpley, L.M. Condrón, P.M. Haygarth & P.C. Brookes (2001) Processes controlling soil phosphorus release to runoff and implications for agricultural management. *Nutr. Cycl. Agroecosys* 59, 269-284.
- Merrit, W.S., R.A. Letcher & A.J. Jakeman (2003) A review of erosion and sediment transport models. *Env. Modelling & Software* 18 (8-9), 761-799.
- Misselbrook TH, Nicholson FA & Chambers BJ. (2005). Predicting ammonia losses following the application of livestock manure to land. *Bioresource Technology* 96: 159-168.
- Noij, I.G.A.M., M. Heinen, P. Groenendijk & H. Heesmans (2008) Effectiveness of unfertilized buffer strips in The Netherlands. Mid term report No 7, WUR-Alterra, Wageningen, 42 pp.
- Oosterveld, E. (2006) Betekenis van waterpeil en bemesting voor weidevogels. *De Levende Natuur* 107 (3), 134-137
- Oosterveld, E. (2009) Effectief weidevogelbeheer: naar een doeltreffender inzet van zwaar beheer. *De Levende Natuur* 110 (4), 188-191.
- Schröder, J.J., W. de Visser, F.B.T. Assinck & G.L. Velthof (2012) Effects of short-term nitrogen supply from livestock manures and cover crops on silage maize production and nitrate leaching. *Soil Use and Management* (in press)
- Schröder, J.J., W. de Visser, F.B.T. Assinck & G.L. Velthof (2012) Effects of short-term nitrogen supply from livestock manures and cover crops on silage maize production and nitrate leaching. *Soil Use and Management* (in press)

- Søgaard, H.T., S.G. Sommer, N.J. Hutchings, J.F.M. Huijsmans, D.W. Bussink & F. Nicholson, 2002. Ammonia volatilization from field-applied animal manure-the ALFAM model. *Atmospheric Environment* 36: 3309-3319. (zie ook www.alfam.dk voor achtergrondrapport).
- Sørensen, P. & G.H. Rubaek (2011) Leaching of nitrate and phosphorus after autumn and spring application of separated solid animal manures to winter wheat. *Soil Use Management* 28: 1-11.
- Van Es, H.M., J.M. Sogbedje & R.R. Schindelbeck (2006) Effect of manure application timing, crop and soil type on nitrate leaching. *J. Env. Qual.* 35(2), 670-679.
- Velthof G.L. en E. Hummelink (2011) Ammoniak- en lachgasemissie na toediening van mineralenconcentraten. Resultaten van laboratoriumproeven in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2180. 46 blz.
- Velthof G.L. and J. Mosquera (2011) The impact of manure application technique on nitrous oxide emission from agricultural soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140, 298-308.

Bijlage 1. Resultaten van alle beoordelingen

Meststof	Gewas	Toedienings- methode	Grondsoort	Toedienings- tijdstop	Stikstof- gift	Fosfaat- gift	Ammoniak- emissie	Nitraat- uitspoeling	Opper- vlakkige afspoeling kwalitatief*	Lachgas- emissie
					kg N/ha	kg P2O5/ha	kg NH3- N/100 kg N toegediend	kg NO3- N/100 kg N toegediend		kg N2O- N/100 kg N toegediend
Vaste stalmest; varkens	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	100	16	3	+	0.15
Vaste stalmest; rundvee	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	53	13	3	+	0.08
Varkens drijfmest	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	65	39	2	+	0.15
Varkens drijfmest	Grasland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	65	11	2	+	0.30
Runder drijfmest	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	37	17	2	+	0.15
Runder drijfmest	Grasland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	37	9	3	+	0.30
Mineralenconcentraat	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	6	16	1	++	0.30
Mineralenconcentraat	Grasland	Bovengronds; stroken	Zand/loess	1-mrt	100	6	10	2	+	0.60
Mineralenconcentraat	Grasland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	6	9	2	++	0.60
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	56	13	2-3	+	0.08
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	70	1	3	+	0.08
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	65	25	2	+	0.30
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Grasland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	65	7	2	++	0.60
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	37	30	2	+	0.15
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Grasland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	37	8	2	+	0.30
Permeaat uit omgekeerde osmose	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	5	1	1	++	0.30
Permeaat uit omgekeerde osmose	Grasland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	5	0	2	++	0.60
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	32	29	2	+	0.15
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Grasland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	32	7	3	+	0.30
Concentraat uit ultrafiltratie	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	18	21	2	+	0.15
Concentraat uit ultrafiltratie	Grasland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	18	6	2	+	0.30
Kippenmest	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	76	9	2	+	0.15
Champost	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	59	3	3	+	0.08
Verwerkte kalvergierv	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	15	39	1	++	0.08
Verwerkte kalvergierv	Grasland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	15	11	2	++	0.15
Vaste stalmest; varkens	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	100	16	2	++	0.15
Vaste stalmest; rundvee	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	53	13	2	++	0.08
Varkens drijfmest	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	65	39	1	++	0.15
Varkens drijfmest	Grasland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	65	11	1	++	0.30
Runder drijfmest	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	37	17	2	++	0.15
Runder drijfmest	Grasland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	37	9	2	++	0.30
Mineralenconcentraat	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	6	16	1	+++	0.30
Mineralenconcentraat	Grasland	Bovengronds; stroken	Klei/veen	1-mrt	100	6	10	1	++	0.60

Mineralenconcentraat	Grasland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	6	9	1	+++	0.60
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	56	13	2	++	0.08
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	70	1	3	++	0.08
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	65	25	1	++	0.30
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Grasland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	65	7	1	+++	0.60
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	37	30	1	++	0.15
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Grasland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	37	8	1	++	0.30
Permeaat uit omgekeerde osmose	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	5	1	1	+++	0.30
Permeaat uit omgekeerde osmose	Grasland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	5	0	1	+++	0.60
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	32	29	2	++	0.15
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Grasland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	32	7	2	++	0.30
Concentraat uit ultrafiltratie	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	18	21	1	++	0.15
Concentraat uit ultrafiltratie	Grasland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	18	6	1	++	0.30
Kippenmest	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	76	9	2	++	0.15
Champost	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	59	3	2	++	0.08
Verwerkte kalvergier	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	15	39	1	+++	0.08
Verwerkte kalvergier	Grasland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	15	11	1	+++	0.15
Vaste stalmest; varkens	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	100	15	25	++	0.65
Vaste stalmest; rundvee	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	53	12	28	++	0.32
Varkens drijfmest	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	65	36	18	++	0.65
Varkens drijfmest	Bouwland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	65	10	25	++	1.30
Runder drijfmest	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	37	16	21	++	0.65
Runder drijfmest	Bouwland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	37	8	27	++	1.30
Mineralenconcentraat	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	6	15	13	+++	1.30
Mineralenconcentraat	Bouwland	Bovengronds;	Zand/loess	1-mrt	100	6	9	23	++	2.60
Mineralenconcentraat	Bouwland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	6	8	23	+++	2.60
Dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	118	12	24-27	++	0.65
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	179	1	32	++	0.32
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	65	24	16	++	1.30
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Bouwland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	65	6	24	+++	2.60
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	37	28	18	++	0.65
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Bouwland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	37	8	26	++	1.30
Permeaat uit omgekeerde osmose	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	5	1	11	+++	1.30
Permeaat uit omgekeerde osmose	Bouwland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	5	0	22	+++	2.60
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	32	27	20	++	0.65
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Bouwland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	32	7	26	++	1.30
Concentraat uit ultrafiltratie	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	18	20	18	++	0.65
Concentraat uit ultrafiltratie	Bouwland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	18	5	26	++	1.30
Kippenmest	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	76	9	21	++	0.65
Champost	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	59	3	31	++	0.32
Verwerkte kalvergier	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-mrt	100	15	36	12	+++	0.32
Verwerkte kalvergier	Bouwland	Zodebemesting	Zand/loess	1-mrt	100	15	10	23	+++	0.65
Vaste stalmest; varkens	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	100	15	12	+++	0.65

Vaste stalmeest; rundvee	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	53	12	14	+++	0.32
Varkens drijfmest	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	65	36	9	+++	0.65
Varkens drijfmest	Bouwland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	65	10	12	+++	1.30
Runder drijfmest	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	37	16	11	+++	0.65
Runder drijfmest	Bouwland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	37	8	13	+++	1.30
Mineralenconcentraat	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	6	15	6	++++	1.30
Mineralenconcentraat	Bouwland	Bovengronds; stroken	Klei/veen	1-mrt	100	6	9	11	+++	2.60
Mineralenconcentraat	Bouwland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	6	8	11	++++	2.60
Dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	118	12	12-14	+++	0.65
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	179	1	16	+++	0.32
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	65	24	8	+++	1.30
Digestaat na co-vergisting van mest, varkens	Bouwland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	65	6	12	++++	2.60
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	37	28	9	+++	0.65
Digestaat na co-vergisting van mest, rundvee	Bouwland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	37	8	12	+++	1.30
Permeaat uit omgekeerde osmose	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	5	1	5	++++	1.30
Permeaat uit omgekeerde osmose	Bouwland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	5	0	10	++++	2.60
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	32	27	10	+++	0.65
Dunne fractie, low-tech scheiding, rundvee	Bouwland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	32	7	13	+++	1.30
Concentraat uit ultrafiltratie	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	18	20	9	+++	0.65
Concentraat uit ultrafiltratie	Bouwland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	18	5	12	+++	1.30
Kippenmest	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	76	9	10	+++	0.65
Champost	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	59	3	16	+++	0.32
Verwerkte kalvergier	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-mrt	100	15	36	6	++++	0.32
Verwerkte kalvergier	Bouwland	Zodebemesting	Klei/veen	1-mrt	100	15	10	11	++++	0.65
Vaste stalmeest; varkens	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-aug	100	100	20	2	+	0.15
Vaste stalmeest; rundvee	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-aug	100	53	17	4	+	0.08
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-aug	100	56	17	2-4	+	0.08
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-aug	100	70	1	5	+	0.08
Kippenmest	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-aug	100	76	12	2	+	0.15
Champost	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-aug	100	59	4	4	+	0.08
Vaste stalmeest; varkens	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-aug	100	100	15	2	++	0.15
Vaste stalmeest; rundvee	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-aug	100	53	12	3	++	0.08
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-aug	100	56	12	1-3	++	0.08
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-aug	100	70	1	3	++	0.08
Kippenmest	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-aug	100	76	9	2	++	0.15
Champost	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-aug	100	59	3	3	++	0.08
Vaste stalmeest; varkens	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-sep	100	100	19	2	++	0.30
Vaste stalmeest; rundvee	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-sep	100	53	16	5	++	0.15
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-sep	100	56	16	2-5	++	0.15
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-sep	100	70	1	5	++	0.15
Kippenmest	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-sep	100	76	11	3	++	0.30
Champost	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-sep	100	59	4	5	++	0.15

Vaste stalmeest; varkens	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-sep	100	100	19	2	+++	0.30
Vaste stalmeest; rundvee	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-sep	100	53	16	3	+++	0.15
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-sep	100	56	16	1-3	+++	0.15
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-sep	100	70	1	3	+++	0.15
Kippenmest	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-sep	100	76	11	2	+++	0.30
Champost	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-sep	100	59	4	3	+++	0.15
Vaste stalmeest; varkens	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-okt	100	100	17	3	++	0.30
Vaste stalmeest; rundvee	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-okt	100	53	15	6	++	0.15
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-okt	100	56	15	3-6	++	0.15
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-okt	100	70	1	5	++	0.15
Kippenmest	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-okt	100	76	10	4	++	0.30
Champost	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-okt	100	59	4	5	++	0.15
Vaste stalmeest; varkens	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-okt	100	100	17	2	+++	0.30
Vaste stalmeest; rundvee	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-okt	100	53	15	3	+++	0.15
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-okt	100	56	15	1-3	+++	0.15
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-okt	100	70	1	3	+++	0.15
Kippenmest	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-okt	100	76	10	2	+++	0.30
Champost	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-okt	100	59	4	3	+++	0.15
Vaste stalmeest; varkens	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-nov	100	100	16	4	+++	0.30
Vaste stalmeest; rundvee	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-nov	100	53	13	6	+++	0.15
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-nov	100	56	13	3-6	+++	0.15
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-nov	100	70	1	4	+++	0.15
Kippenmest	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-nov	100	76	9	5	+++	0.30
Champost	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-nov	100	59	3	5	+++	0.15
Vaste stalmeest; varkens	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-nov	100	100	16	2	++++	0.30
Vaste stalmeest; rundvee	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-nov	100	53	13	3	++++	0.15
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-nov	100	56	13	1-3	++++	0.15
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-nov	100	70	1	3	++++	0.15
Kippenmest	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-nov	100	76	9	2	++++	0.30
Champost	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-nov	100	59	3	3	++++	0.15
Vaste stalmeest; varkens	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-dec	100	100	15	4	+++	0.30
Vaste stalmeest; rundvee	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-dec	100	53	12	6	+++	0.15
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-dec	100	56	12	3-5	+++	0.15
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-dec	100	70	1	4	+++	0.15
Kippenmest	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-dec	100	76	9	4	+++	0.30
Champost	Grasland	Bovengronds	Zand/loess	1-dec	100	59	3	4	+++	0.15
Vaste stalmeest; varkens	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-dec	100	100	15	1	++++	0.30
Vaste stalmeest; rundvee	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-dec	100	53	12	3	++++	0.15
Dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-dec	100	56	12	1-3	++++	0.15
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-dec	100	70	1	3	++++	0.15
Kippenmest	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-dec	100	76	9	2	++++	0.30
Champost	Grasland	Bovengronds	Klei/veen	1-dec	100	59	3	3	++++	0.15
Vaste stalmeest; varkens	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-aug	100	100	19	38	++	1.30

Vaste stalmeest; rundvee	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-aug	100	53	16	42	++	0.65
Dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-aug	100	118	16	37-41	++	1.30
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-aug	100	179	1	47	++	0.65
Kippenmest	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-aug	100	76	11	33	++	1.30
Champost	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-aug	100	59	4	46	++	0.65
Vaste stalmeest; varkens	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-aug	100	100	14	18	+++	1.30
Vaste stalmeest; rundvee	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-aug	100	53	11	20	+++	0.65
Dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-aug	100	118	11	18-20	+++	1.30
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-aug	100	179	1	23	+++	0.65
Kippenmest	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-aug	100	76	8	16	+++	1.30
Champost	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-aug	100	59	3	22	+++	0.65
Vaste stalmeest; varkens	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-sep	100	100	17	42	+++	1.30
Vaste stalmeest; rundvee	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-sep	100	53	15	46	+++	0.65
Dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-sep	100	118	15	41-45	+++	1.30
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-sep	100	56	1	50	+++	0.65
Kippenmest	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-sep	100	76	10	38	+++	1.30
Champost	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-sep	100	59	4	49	+++	0.65
Vaste stalmeest; varkens	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-sep	100	100	17	20	++++	1.30
Vaste stalmeest; rundvee	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-sep	100	53	15	21	++++	0.65
Dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-sep	100	118	15	19-21	++++	1.30
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-sep	100	179	1	23	++++	0.65
Kippenmest	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-sep	100	76	10	18	++++	1.30
Champost	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-sep	100	59	4	23	++++	0.65
Vaste stalmeest; varkens	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-okt	100	100	16	41	+++	1.30
Vaste stalmeest; rundvee	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-okt	100	53	14	44	+++	0.65
Dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-okt	100	118	14	41-44	+++	1.30
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-okt	100	56	1	48	+++	0.65
Kippenmest	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-okt	100	76	9	38	+++	1.30
Champost	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-okt	100	59	3	47	+++	0.65
Vaste stalmeest; varkens	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-okt	100	100	16	19	++++	1.30
Vaste stalmeest; rundvee	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-okt	100	53	14	20	++++	0.65
Dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-okt	100	118	14	19-20	++++	1.30
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-okt	100	179	1	22	++++	0.65
Kippenmest	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-okt	100	76	9	17	++++	1.30
Champost	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-okt	100	59	3	21	++++	0.65
Vaste stalmeest; varkens	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-nov	100	100	15	39	++++	1.30
Vaste stalmeest; rundvee	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-nov	100	53	12	42	++++	0.65
Dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-nov	100	118	12	38-41	++++	1.30
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-nov	100	179	1	44	++++	0.65
Kippenmest	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-nov	100	76	9	36	++++	1.30
Champost	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-nov	100	59	3	43	++++	0.65
Vaste stalmeest; varkens	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-nov	100	100	15	18	+++++	1.30
Vaste stalmeest; rundvee	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-nov	100	53	12	19	+++++	0.65

Dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-nov	100	118	12	17-19	+++++	1.30
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-nov	100	179	1	20	+++++	0.65
Kippenmest	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-nov	100	76	9	16	+++++	1.30
Champost	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-nov	100	59	3	20	+++++	0.65
Vaste stalmest; varkens	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-dec	100	100	14	37	++++	1.30
Vaste stalmest; rundvee	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-dec	100	53	11	39	++++	0.65
Dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-dec	100	118	11	36-39	++++	1.30
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-dec	100	179	1	42	++++	0.65
Kippenmest	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-dec	100	76	8	34	++++	1.30
Champost	Bouwland	Bovengronds	Zand/loess	1-dec	100	59	3	41	++++	0.65
Vaste stalmest; varkens	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-dec	100	100	14	16	+++++	1.30
Vaste stalmest; rundvee	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-dec	100	53	11	17	+++++	0.65
Dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-dec	100	118	11	16-17	+++++	1.30
Gedroogde dikke fractie na mestscheiding	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-dec	100	179	1	19	+++++	0.65
Kippenmest	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-dec	100	76	8	15	+++++	1.30
Champost	Bouwland	Bovengronds	Klei/veen	1-dec	100	59	3	18	+++++	0.65

* uit- en afspoeling: bouwland>grasland; oppervlakkige toediening>emissie-arme toediening; kleigrond>zandgrond; mesten met hoge Nm/Ntot>mesten met lage Nm/Ntot