

Uitspoeling stikstof

Hoe verhoudt kunstmest zich ten opzichte van dierlijke mest

Wim Bussink (NMI) & Gerard Velthof (WUR)

Bij veeljarig gebruik van overwegend dierlijke mest neemt de mineralisatie uit eerder gegeven dierlijke mest buiten het groeiseizoen toe. Dit kan potentieel meer risico op nitraatuitspoeling geven dan het gebruik van kunstmest. Soms is deze verhoogd ten opzichte van kunstmest, soms lager of gelijk, afhankelijk van de specifieke omstandigheden. In het groeiseizoen is het risico op uitspoeling bij zowel dierlijke mest als kunstmest beperkt, behalve bij zware neerslag vlak na bemesting. Echter, minstens zo bepalend voor het risico op uitspoeling is hoe dierlijke mest en kunstmest worden toegepast en of het gebruik ervan op elkaar is afgestemd gegeven de teelt en grondsoort. Verliezen zijn te minimaliseren door te bemesten volgens de 4 juistheden: de juiste hoeveelheid, op het juiste moment (passend bij de gewasontwikkeling), de juiste meststof (bij de start dierlijke mest vanwege de lange nalevering van stikstof, aangevuld met kunstmest) op de juiste plaats (waar mogelijk bij gewassen op rijen in de rij). Bij teelten die ondiep wortelen en met een kort groeiseizoen zijn aanvullende maatregelen nodig om nitraatuitspoeling te beperken, zoals een vanggewas en/of minder bemesten en/of een geringere inzet van dierlijke mest.

Geeft kunstmest meer nitraatuitspoeling dan dierlijke mest?

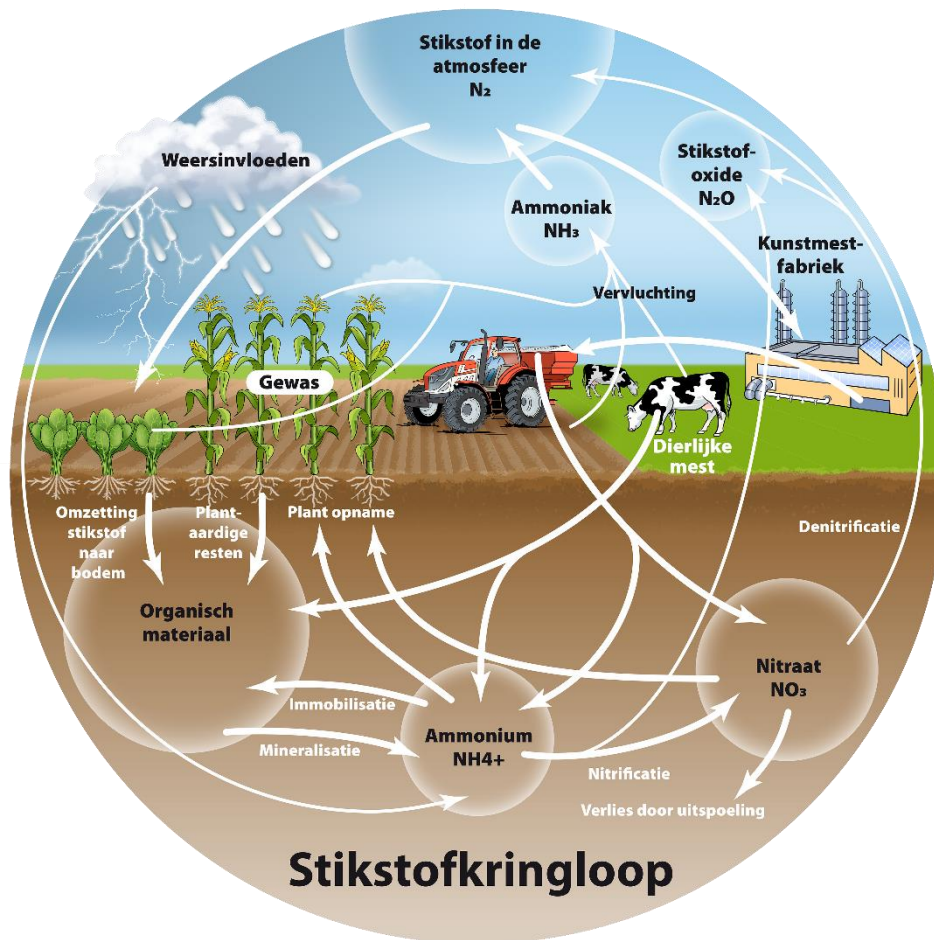
Bij het gebruik van meststoffen treden stikstofverliezen op (Figuur 1). In deze notitie gaan we in over wat er bekend is over stikstofuitspoeling uit dierlijke mest en kunstmest. Op gangbare melkvee- en akkerbouwbedrijven zijn beide meststoffen essentieel in het bemestingsplan. Met dierlijke mest wordt een breed scala aan nutriënten en organische stof aangeboden. Organische stof is goed voor het bodemleven en bodemstructuur. Kunstmest wordt gebruikt voor maatwerk om zo het gat met de gewasbehoefte voor nutriënten – in het bijzonder stikstof - te dichten. De uitdaging is om beide meststoffen zo goed mogelijk in te zetten met minimale verliezen naar de omgeving.

Uitspoeling van stikstof vooral via nitraat

Stikstof (N) is in vele vormen aanwezig in mest en kunstmest. Mest bestaat uit organische gebonden stikstof en ammoniumstikstof. De verhouding varieert per mestsoort. Runderdrijfmest bestaat gemiddeld uit 52% organische N en 48% ammonium-N (Bron: Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen). Varkensdrijfmest bevat een groter deel ammonium-N (52% voor vleesvarkensmest en 66% voor zeugenmest). Kunstmest bevat ammonium, nitraat en/of ureum. De bekendste meststof calciumammoniumnitraat (in de volksmond KAS) bestaat voor 50% uit nitraat-N en 50% uit ammonium-N.

Nitraat is mobiel en wordt niet vastgelegd in de bodem. Veel neerslag kan uitspoeling geven naar de ondergrond en het grondwater. Ammonium is weinig uitspoelingsgevoelig. Het wordt vastgelegd in de bodem. Wel kan het binnen enkele weken tot dagen worden omgezet in nitraat. Dit biologische proces heet nitrificatie en verloopt sneller bij een hogere temperatuur. Nitrificatie in landbouwgronden verloopt in het groeiseizoen in het algemeen snel, waardoor ook binnen enkele dagen na toediening van dierlijke mest of een ammoniumkunstmest de meeste minerale N in vorm van nitraat aanwezig is.

Ureum wordt eerst omgezet in ammonium en daarna in nitraat. Organisch-N in mest zal door mineralisatie worden omgezet, eerst naar ammonium en vervolgens naar nitraat. Een deel van de organische-N is echter opgelost (Jones et al., 2004) en is wel uitspoelingsgevoelig.



Figuur 1. Routes van N-verliezen na meststoftoediening aan de bodem (Bron: IFA, 2018 Agenda 2030 Helping to Transform our World).

Wanneer nitraatuitspoeling

Risicoperioden voor nitraatuitspoeling zijn perioden met een neerslagoverschot; het najaar/winter en het vroege voorjaar. Vanaf eind september ontstaat er een neerslagoverschot oplopend tot gemiddeld 300 mm aan het eind van de winter. Nitraatstikstof aanwezig in de bodem na de oogst en of stikstof die vrijkomt door mineralisatie en nitrificatie van toegediende mest en bodem organische stof kan uitspoelen, omdat gewassen in de late herfst en winter door de lage temperaturen en korte dagen nauwelijks stikstof opnemen. Het risico op uitspoeling is het grootst bij gewassen met een kort groeiseizoen en/of ondiep wortelende gewassen (mais, aardappelen, groentegewassen). In het vroege voorjaar wordt bemest om de gewasgroei te stimuleren. De capaciteit van gewassen om stikstof op te nemen is dan nog beperkt, terwijl tot eind maart de hoeveelheid neerslag veelal de verdamping overtreft. Zo kan nitraat zich naar diepere lagen verplaatsen en mogelijk uitspoelen. Gedurende het groeiseizoen is er weinig risico op uitspoeling behoudens bij zware buien kort na een stikstofbemesting. Dan kan de stikstof afhankelijk van het gewas uitspoelen tot onder de wortelzone.

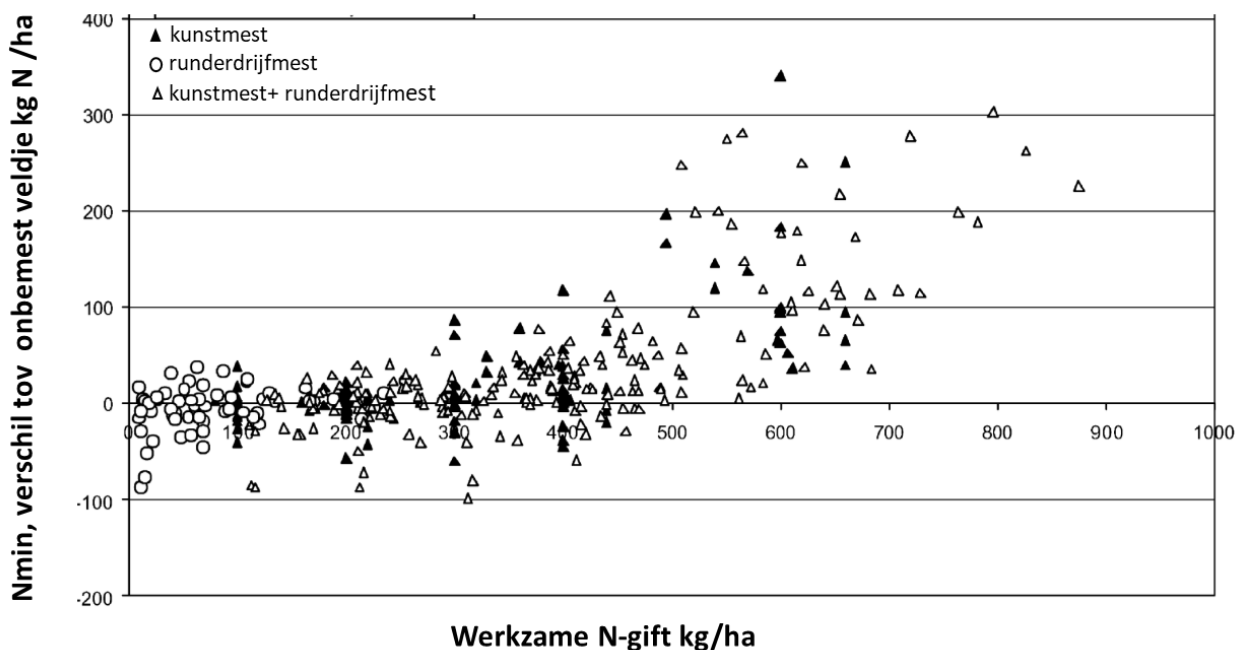
Wat bepaalt de het risico op uitspoeling

Bepalend voor het risico op uitspoeling zijn de stikstofbemestingsniveaus en in hoeverre die de gewasbehoefte overschrijden, het gewas (gras, akkerbouw- of groentegewassen), grondsoort (N-mineralisatie en denitrificatie), de meststofvorm en het aandeel wateroplosbare N in de

(kunst)mestgift en natuurlijk het weer (Van Es et al., 2006; Sørensen & Rubaek, 2012; Delin & Stenberg, 2020). Ook de bemesting uitvoeren ver voor of ver na de periode waarin gewassen N opnemen verhoogt het risico van uitspoeling.

Uitspoeling en gewastype

Gemaaid grasland kan gemakkelijk 400-600 kg N per ha uit kunstmest opnemen (Prins 1984, Schröder et al., 2009) zonder minerale stikstof (N_{min}) na te laten in de bodem in het najaar. Deze N_{min} is gevoelig voor nitraatuitspoeling in de winter. Ook bij mest en combinaties van mest en kunstmest is er tot een gift van 400 kg werkzame N per ha geen duidelijke toename van N_{min} (Figuur 2). Bij beweiding komt de stikstof geconcentreerd in urineplekken terecht en kan niet volledig worden opgenomen door het gras, vooral bij beweiding in het najaar. Het risico op nitraatuitspoeling is dan ook hoger bij beweiding (Corré et al. 2014) dan bij bemest en gemaaid grasland. Voor mais en akkerbouwgewassen zoals aardappelen ligt dit anders. Beiden hebben een korte periode van stikstofopname en een relatief



Figuur 2. Gehalte aan N_{min} in de bodem van maaigrasland in de herfst als functie van de werkzame stikstofgift met kunstmest, runderdrijfmest en combinaties van kunstmest en runderdrijfmest. De verandering in N_{min} ten opzichte onbemest grasland is weergegeven; Ten Berge et al., 2002.

ondiep wortelstelsel en zijn daardoor uitspoelingsgevoelige gewassen. Bovendien bemest de praktijk deze gewassen nog vaak ruim met mest, met als gevolg veel minerale stikstof in de bodem na de oogst. Mineralisatie van organisch N uit drijfmest na de oogst zal de hoeveelheid minerale N na de oogst verder verhogen. Bij snijmaïs op zandgrond is de nitraatconcentratie in het uitspoelingswater dan ook ver boven de nitraatnorm van 50 mg nitraat per liter (Hooijboer et al, 2017). Groentegewassen hebben eveneens een ondiep wortelstelsel en een korte groeiperiode en zijn daardoor uitspoelingsgevoelig. De afbraak van nitraat door denitrificatie is lager in bouwland dan in grasland, omdat bouwland minder gemakkelijk afbreekbare organische stof bevat (Munch en Velthof, 2007). Afbreekbare organische stof is de energiebron voor denitrificerende bacteriën. Toediening van organische stof met mest kan de denitrificatie in bouwland verhogen. Mogelijk leidt dit ook tot minder nitraatuitspoeling.

Denitrificatie treft op onder natte (zuurstofloze) omstandigheden. Denitrificatie in zand- en lössgronden is daardoor lager dan klei- en veengronden. De nitraatconcentraties in het grondwater van zand- en lössgronden zijn daardoor hoger dan die in klei- en veengronden. In de onderbouw van het

stikstofgebruiksnormenstelsel is rekening gehouden met de verschillen in denitrificatie tussen bouwland en grasland en tussen grondsoorten (Schröder et al., 2004).



Uitspoeling en meststofsoort

Stikstof uit kunstmest is na toediening direct of, bij ureum, binnen enkele uren tot dagen beschikbaar (afhankelijk van het vochtgehalte en ureaseactiviteit van de grond). Daarmee kan in principe exact gestuurd worden op de stikstofbehoefte die een gewas gedurende de groeiperiode nodig heeft. De directe beschikbaarheid kan ook leiden tot verliezen, bijvoorbeeld door denitrificatie en of uitspoeling bij extreme regenval direct na toediening van een nitraathoudende meststof. Nitraatuitspoeling naar het grondwater in het groeiseizoen kan optreden als de hoeveelheid neerslag voldoende is om het nitraat door de wortelzone te spoelen. Hiervoor moet in korte tijd veel neerslag vallen (minimaal 30 – 40 mm). De kans dat zo'n periode van veel neerslag samenvalt met bemesting is klein. In kleigrond kunnen scheuren worden gevormd tijdens droge perioden. Er kan snel transport optreden van nitraat, andere stikstofverbindingen en andere nutriënten door scheuren in kleigrond (Van der Salm et al., 2012). In kleigrond kan nitraat onder natte omstandigheden ook snel door denitrificatie worden afgebroken (Van der Salm et al., 2007).

Sommige meststoffen bevatten urease en of nitrificatieremmers om het risico op verliezen te verkleinen. Daarnaast zijn er slow release en meststoffen met een gecontroleerde afgifte, die zijn bedoeld voor specifieke teelten en een geleidelijk aanbod van stikstof.

Dierlijke mest bevat een minerale en een organische component. Uit de laatste komt stikstof geleidelijk vrij door mineralisatie. Dat betekent dat er ook stikstof vrijkomt aan het eind van de groeiperiode van een gewas op een moment dat het gewas het niet meer nodig heeft. Bovendien loopt de stikstofmineralisatie uit mest door na de oogst. Berekeningen van van Dijk en Schröder (2007) geven aan dat minder bemesten met dierlijke mest van uitspoelingsgevoelige gewassen en of het telen van een vanggewas leidt tot minder nitraatuitspoeling.

Beeld uit de internationale literatuur

De internationale literatuur met daarbij veeljarige proeven laat een wisselend beeld zien van het gebruik van organische meststoffen (compost en/of dierlijke mest) op nitraatuitspoeling ten opzichte van kunstmest (Edmeades, 2003, Basso & Ritchie 2005, Diacono & Montemurro, 2010. Hijbeek et al., 2016 ea.). Vaak wordt een hogere uitspoeling gemeten, soms een lagere uitspoeling en soms geen effect. Belangrijke stuurfactoren zijn de aard en samenstelling van de gebruikte organische meststoffen, de totale N-gift via organische mest en kunstmest, het bouwplan (en teelt van vanggewassen), grondsoort, het klimaat en de duur van de studie. Van belang is dat de totale N-gift is

afgestemd op de gewasbehoefte en in welke mate rekening is gehouden met de stikstofnawerking uit (eerder) gegeven organische meststoffen. Ook speelt soms een rol dat organische meststoffen het organische stofgehalte van de bodem verhogen en daarmee de N-mineralisatie en potentiële denitrificatiecapaciteit. De wisselwerking tussen N-gift, N-mineralisatie, N-opname door het hoofdgewas (en vanggewas), denitrificatie grondsoort en weersomstandigheden bepaalt uiteindelijk welk gedeelte van de N-gift en van het N-overschot door uitspoeling van nitraat verloren gaat.

Minimaliseren risico op uitspoeling; de 4 juistheden

Uitgangspunt voor de bemesting voor een goede gewasopbrengst en kwaliteit met minimale verliezen is goed management met de toepassing van de 4 juistheden; op het juiste moment, met de juiste meststof en juiste hoeveelheid op de juiste plaats. Concreet betekent:

- het juiste moment: bemesten kort voor de start van het groeiseizoen onder juiste weersomstandigheden (goed berijdbare bodem) en niet alles in één keer (meerdere giften verdeeld over het seizoen), afhankelijk van het gewas en de gewasontwikkeling ook voor een minimale uitspoeling.
- de juiste meststof: dierlijke mest geven bij de start van het groeiseizoen voor een maximale N-werking. Kunstmestsoort afstemmen op het gewas en of grondsoort (bijvoorbeeld het aandeel ammonium/nitraat in de meststof, met nitrificatieremmers, slow-release voor specifieke teelten).
- de juiste hoeveelheid: de gift is afgestemd op de gewasbehoefte, de nalevering uit de bodem, uit de voorvrucht en of eerder gegeven mest. Deze laatste zijn weersafhankelijk. Gewas- en Nmin-monitoring gedurende het groei kan ondersteunend zijn.
- de juiste plaats: plaatsing van meststoffen nabij de wortel voor gewassen die op een zekere rijafstand staan.

Daarnaast zijn er diverse andere maatregelen die bijdragen aan een hoge benutting uit meststoffen, zoals het zoveel mogelijk groen houden van percelen, gecontroleerde drainage, goede bodemstructuur, bufferzones en oeverkanten. De geschiktheid van de genoemde maatregelen hangt sterk af van de specifieke omstandigheden (grondsoort, bouwplan, klimaat en marktomstandigheden). Aanvullend kunnen Nmin-metingen worden uitgevoerd na de oogst bij uitspoelingsgevoelige teelten. Zo leert de agrariër de eigen percelen beter kennen en het is ondersteunend aan het bemestings- en het gewasmanagement (Bussink et al., 2020).

Conclusies

De wisselwerking tussen N-gift, N-mineralisatie, N-opname door het hoofdgewas (en vanggewas), denitrificatie, grondsoort, en weersomstandigheden bepaalt uiteindelijk welk gedeelte van de N-gift en van het N-overschot door uitspoeling van nitraat verloren gaat.

Uit de literatuur komt geen eenduidig beeld naar voren over het effect van veeljarig gebruik van organische meststoffen op nitraatuitspoeling. Een toename van de nitraatuitspoeling kan worden verklaard door een toename van de N-mineralisatie binnen en buiten het groeiseizoen. Een vermindering van de nitraatuitspoeling kan worden verklaard door een toename van de denitrificatiecapaciteit en/of door een verbetering van de bodemkwaliteit en daardoor een hogere stikstofopname door het gewas.

Het risico op nitraatuitspoeling in het groeiseizoen uit kunstmest is beperkt. Alleen extreme neerslag (meer dan 40 mm) vlak na bemesting kan leiden tot uitspoeling van nitraat uit de wortelzone. Onder omstandigheden met extreme neerslag in het groeiseizoen neemt het risico op afspoeling naar oppervlaktewater toe.

Uitgangspunt voor de bemesting voor een goede gewasopbrengst en kwaliteit met minimale verliezen is goed management met de toepassing van de 4 juistheden; bemesting op het juiste moment, met de juiste meststof, in de juiste hoeveelheid en op de juiste plaats. Daarmee wordt ook een goede bodemvruchtbaarheid in stand gehouden.

Literatuur

- Basso B, Ritchie JT (2005).** *Impact of compost, manure and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6-year maize–alfalfa rotation in Michigan*, Agr. Ecosys. Environ. 108, 329–341.
- Berge, ten HFM, van der Meer HG, Carlier L, Baan Hofman T & Neeteson JJ (2002).** *Limits to nitrogen use on grassland*. Environmental Pollution 118, 225–238.
- Bussink W, Postma R & Thijssen D (2020).** *Nitraatmetingen op praktijkpercelen*. Bodem nr 4. 9-11.
- Corré WJ, Van Beek CL & Van Groenigen JW (2014).** *Nitrate leaching and apparent recovery of urine-N in grassland on sandy soils in the Netherlands*. NJAS -Wageningen Journal of Life Sciences 70, 25–32.
- Delin S & Stenberg (2020).** *Effects on nitrate leaching of the timing of cattle slurry application to leys*. Soil Use Manage. 37:436–448.
- Diacono M & Montemurro F (2010).** *Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review*. Agron. Sustain. Dev. 30; 401–422.
- Dijk W & Schröder J (2007).** *Adviezen voor stikstofgebruiksnormen voor akker- en tuinbouwgewassen op zand- en lössgrond bij verschillende uitgangspunten*. Wageningen AGV PPO rapport nr. 37.
- Edmeades DC (2003).** *The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review*. Nutrient Cycling in Agroecosystems 66: 165–180.
- Es van HM, Sogbedji JM & Schindelbeck RR (2006).** *Effect of manure application timing, crop, and soil type on nitrate leaching*. Journal Environmental Quality, 35: 670-9.
- Fixen PE (2020).** *A brief account of the genesis of 4R nutrient stewardship*. Agronomy Journal. 12:4511–4518.
- Hijbeek R, van Ittersum MK, Berge ten HFM, Gort G, Spiegel H & Whitmore AP (2016).** *Do organic inputs matter – a meta-analysis of additional yield effects for arable crops in Europe*. Plant and Soil. 411:293–303.
- Hooijboer AEJ, de Koeijer TJ, Prins H, Vrijhoef A, Boumans LJM & Daatselaar CHG (2017).** *Landbouwpraktijk en waterkwaliteit op landbouwbedrijven aangemeld voor derogatie in 2015*. Bilthoven, RIVM Rapport 2017-0038, pp. 115.
- Jones DL, Shannon D, Murphy DV & Farrar J (2004).** *Role of dissolved organic nitrogen (DON) in soil N cycling in grassland soils*. Soil Biology & Biochemistry, 36: 749–756.
- Munch, JC & Velthof GL (2007)** *Denitrification and agriculture*. In: *Biology of the Nitrogen Cycle*. Bothe, H, Ferguson SJ, Newton, WE, Amsterdam. Elsevier, p. 331 - 341.
- Prins WH (1984).** *Limits to Nitrogen Fertilizer on Grassland*. Netherlands Journal of Agricultural Science, 32, 319-321.
- Salm van der C, van den Toorn A, Cardon WJ & Koopmans GF (2012).** *Water and Nutrient Transport on a Heavy Clay Soil in a Fluvial Plain in The Netherlands*. Journal of Environmental Quality 41, 229-241.
- Salm van der C, Dolfing J, Heinen M & Velthof GL (2007).** *Estimation of nitrogen losses via denitrification from a heavy clay soil under grass Agriculture*. Ecosystems and Environment 119, 311–319.
- Schröder JJ, Assinck FBT, Uenk D & Velthof GL (2009).** *Nitrate leaching from cut grassland as affected by the substitution of slurry with nitrogen mineral fertilizer on two soil types*. Grass and Forage Science, 65, 49–57.
- Schröder JJ, Aarts HFM, de Bode MJC, van Dijk W, van Middelkoop JC, de Haan MHA, Schils RLM, Velthof GL & Willems WJ (2004).** *Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten*. Plant Research International, Wageningen rapport No. 79.
- Sørensen P & Rubaek GH (2012).** *Leaching of Nitrate and Phosphorus after Autumn and Spring Application of Separated Solid Animal Manures to Winter Wheat*. Soil Use and Management, 28, 1-11.