

# Wageningen UR Livestock Research

*Partner in livestock innovations*



Rapport 623

## Milieueffect van wroetstal: een ketenverkenning

Juli 2012



**LIVESTOCK RESEARCH**  
**WAGENINGEN UR**

## Colofon

### Uitgever

Wageningen UR Livestock Research  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl)  
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

### Redactie

Communication Services

### Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2012

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

### Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

### Abstract

Environmental effects of the Canadian bedding system for fattening pigs, a chain approach

### Keywords

Fattening pigs, Canadian bedding system, litter, manure storage, emissions, greenhouse effect, acidification

### Referaat

ISSN 1570 - 8616

### Auteur(s)

Fridtjof de Buisonjé  
Jerke de Vries  
Karin Groenestein

### Titel

Milieueffect van wroetstal: een ketenverkenning

Rapport 623

### Samenvatting

Een wroetstal voor vleesvarkens geeft een lagere emissie van broeikasgassen dan een traditionele stal met mestopslag onder de roosters, maar een hogere emissie van verzurende componenten.

### Trefwoorden

Vleesvarkens, wroetstal, strooisel, mestopslag, emissies, broeikas effect, verzuring



LIVESTOCK RESEARCH  
WAGENINGEN UR

Rapport 623

# Milieueffect van wroetstal: een ketenverkenning

Fridtjof de Buissonjé

Jerke de Vries

Karin Groenestein

Juli 2012



## Voorwoord

In opdracht van het Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) heeft Wageningen UR Livestock Research in een verkennende studie het milieueffect van de wroetstal (Canadese strooiselstal) bekeken in vergelijking met een traditionele vleesvarkensstal. De milieuaspecten verzuring, broeikas effect, fijn-stof emissie en het energieverbruik zijn beschouwd in de gehele mestketen: stal, opslag en toediening op het veld. Tevens is gekeken naar het effect van vergisting van wroetstalmest.

Wij danken de varkenshouders Broenink, Oosterveld en Cobben voor hun medewerking aan dit onderzoek.

Dr.Ir. C.M. Groenestein  
Projectleider



## Samenvatting

Het doel van deze verkenning was om het milieueffect van een bedrijf met een Canadese wroetstal te vergelijken met een bedrijf met een gangbare vleesvarkensstal, waarbij de hele mestketen in beeld is: stal, opslag, mesttoediening. Tevens wordt gekeken naar transport en energieverbruik. De referentie was een reguliere stal waarbij drijfmest wordt opgeslagen onder een roostervloer en toegediend op bouwland.

Kort gezegd is een wroetstal een stal waarin vleesvarkens in groepen worden gehouden in een strooiselsysteem met regelmatige afvoer van strooiselmest naar een opslag buiten de stal. Als strooiselmateriaal wordt overwegend dennenzaagsel gebruikt. De strooisellaag is 5 tot 10 cm dik.

De resultaten laten zien dat bedrijven met wroetstallen een lagere emissie van CO<sub>2</sub>-equivalenten geven waardoor het broeikas-effect lager is dan dat van bedrijven met gangbare vleesvarkensstallen. Dit wordt vooral veroorzaakt door verlaging van de emissie van methaan uit mestopslag, die het effect van een verhoogde lachgas-emissie compenseert. Het verzurende effect van bedrijven met wroetstallen is wat hoger, omdat de uitstoot van ammoniak hoger is dan van bedrijven met gangbare vleesvarkensstallen. Dit wordt vooral veroorzaakt door de productie van min of meer stapelbare mest en afwijkende methoden voor mestopslag en -toediening ten opzichte van drijfmest. De emissies van verzurende componenten (ammoniak, stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en zwaveldioxide) zijn daardoor hoger dan bij gangbare drijfmestopslag met emissiearme mesttoediening.

Wanneer vergisting van wroetstalmest binnen het bedrijf plaats vindt, verbetert de milieuprestatie ten aanzien van emissies van broeikasgassen (vooral door een lagere methaanemissie). Het transport van de mest naar en vanaf de covergistingsinstallatie vermindert echter dit voordeel.





## Summary

The aim of this study was to compare the environmental effects of a pig house with the Canadian bedding system with a traditional pig house, with respect to the entire manure chain: house, storage and manure application. Transport and energy consumption were also taken into account. The reference was a traditional pig house with manure storage underneath a slatted floor and application on arable land.

In a pig house with the Canadian bedding system fattening pigs are kept in groups on a littered floor with regular removal of the mixture of litter and manure to an outside manure storage. The most commonly used litter material is pine sawdust. The litter layer is 5 to 10 cm thick.

Results show that houses with the Canadian bedding system emit less CO<sub>2</sub>-equivalents, causing a reduction of the greenhouse effect compared to the traditional pig house. The main cause is a decreased emission of methane from manure storage in the house, compensating an increased emission of nitrous oxide. The acidifying effect of houses with the Canadian bedding system is higher, because the ammonia emission is higher compared to the traditional pig house. This is mainly caused by the production of more or less stackable manure causing alternative methods for manure storage and application than with slurry. Consequently, the emissions of acidifying components (ammonia, nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) and sulphur dioxide) are higher than those of traditional storage and low-emission application of pig slurry.

When the litter/manure from the Canadian bedding system is fermented in an anaerobic digester for the production of biogas, the environmental performance with regard to greenhouse gasses is improved mainly because of a lower emission of methane. Transport of manure to and from the digester reduces this advantage.



# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

Inleiding

Inleiding .....	1
<b>1 Beschrijving van de wroetstal .....</b>	<b>2</b>
<b>2 Materiaal en methode .....</b>	<b>5</b>
2.1 Uitgangspunten .....	5
2.1.1 Voerverbruik en groei .....	5
2.1.2 Herkomst strooisel en strooiselgebruik .....	5
2.1.3 Huisvesting en energiegebruik t.o.v. gangbaar .....	5
2.1.4 Mestproductie, mestopslag en mesttoediening t.o.v. gangbaar .....	5
2.1.5 Transport .....	6
2.2 Scenario's .....	6
2.3 Afbakening en emissies .....	7
2.3.1 Afbakening .....	7
2.3.2 Emissies van stal, opslag en na mesttoediening .....	7
2.3.3 Berekening broeikasgaspotentieel en verzuringspotentieel .....	9
<b>3 Resultaten en discussie .....</b>	<b>10</b>
3.1 Gangbaar versus wroetstal .....	10
3.2 Drie varianten op de wroetstal-scenario's .....	10
3.3 Broeikasgassen en verzurende stoffen .....	11
<b>4 Conclusies .....</b>	<b>13</b>
<b>5 Literatuur .....</b>	<b>14</b>



## Inleiding

Een welzijnsvriendelijk huisvestingsysteem in de varkenshouderij is de zogenaamde Wroetstal (voorheen Canadese strooiselstal of Canadian Bedding System (CBS). Kenmerkend voor het systeem is het gebruik van zaagsel in hokken met een licht hellende dichte vloer, waarbij de dieren zelf het zaagsel, gemengd met mest en urine, naar het laagst gelegen punt met een mestgoot toewerken. Vervolgens wordt het mengsel van zaagsel en mest gecomposteerd, eventueel vergist, en op het land gebracht.

In 2004 bleek dat de ammoniakemissie niet kon voldoen aan de waarde die vastgelegd is in het Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij (Besluit huisvesting). Hierop zijn aanpassingen doorgevoerd, maar uit oriënterende metingen in 2009 bleek opnieuw dat het systeem niet kon voldoen aan de gewenste grenswaarde voor ammoniak van 1.4 kg per dierplaats per jaar. Aangezien duurzaamheid méér is dan alleen ammoniak, bestond er behoefte aan uitgebreidere kennis omtrent het milieueffect, waarbij de hele mestketen in ogenschouw wordt genomen en niet alleen de stal.

Doel van deze verkenning is het milieueffect van de wroetstal te vergelijken met dat van reguliere vleesvarkensstallen, waarbij de hele mestketen in beeld is: stal, opslag en mesttoediening. Op basis van de levenscyclusanalyse (LCA) methodiek zijn verschillende milieu-effecten bestudeerd: verzuring, broeikas effect, fijn-stof emissie en het energieverbruik. Omdat het om het verschil met reguliere huisvesting gaat, wordt vooral ingezoomd op de aspecten die onderscheidend zijn tussen beide systemen. Daarom is hier niet zozeer sprake van een volledige LCA-studie, maar betreft dit een verkennende studie. Om de verschillen te kunnen kwantificeren, zijn twee wroetstalbedrijven bezocht waar gegevens zijn verzameld omtrent het systeem. Aan de hand van literatuur en expertkennis zijn emissies bepaald. Tevens werd geïnventariseerd waar aannames gevalideerd zouden moeten worden om een compleet beeld te krijgen van het milieueffect van de wroetstal.

## 1 Beschrijving van de wroetstal

Een wroetstal is een stal waarin vleesvarkens in groepen worden gehouden in een strooiselsysteem met regelmatige afvoer van strooiselmest naar een opslag buiten de stal. Als strooiselmateriaal wordt overwegend dennenzaagsel gebruikt. De strooisellaag is vijf tot tien cm dik.

De wroetstal is een concept van de Stichting Maatschappelijk Bewuster Varkensvlees (<http://www.eetbewustervarkensvlees.nl/pg-17680-7-22210/pagina/home.html>). Er zijn op dit moment vier bedrijven met wroetstallen in Nederland. Twee daarvan zijn in het kader van deze studie bezocht (Langeveen en Holten). Op beide bedrijven waren 1.000 vleesvarkensplaatsen per wroetstal.

Het varken heeft van nature de behoefte om te kunnen wroeten. Om aan deze behoefte te voldoen, worden de vleesvarkens in een wroetstal gehuisvest op een 90% dichte vloer met strooisel, bestaande uit een laag zaagsel, eventueel gemengd met houtsnippers of stro. Het strooisel wordt wekelijks voorin het hok verstrekt. De strooisellaag is vijf tot tien centimeter dik. Het strooisel is niet alleen afleidings- en wroetmateriaal, het biedt ook een comfortabel ligbed. Dit komt tegemoet aan de behoefte aan rust die een varken heeft, 80% van de tijd brengt een varken liggend door. De vloer van de varkenshokken hebben een afschot (Figuur 1) zodat het mengsel van mest en strooisel door de dieren naar achter in het hok gewerkt wordt. De laatste meter betonvloer achter in het hok heeft een extra afschot naar het mestkanaal. Boven het mestkanaal bevindt zich een verhoogd rooster (10% van leefoppervlak). Het stuk vloer met extra afschot en het rooster dienen als mestplaats voor de varkens. Tussen de betonvloer en het rooster zit een opening zodat het mengsel van strooisel en mest makkelijk het mestkanaal ingewerkt kan worden door de varkens. De lengte-breedte verhouding van wroetstalhokken is typisch 2.5 : 1 met een maximale breedte van 3.5 meter. Dit bewerkstelligt dat de varkens beter achter in het hok mesten (Aarnink, 2010). De varkens leven in de wroetstal in groepen van 20 tot 35 dieren en beschikken over 25% meer oppervlak dan de varkens in een traditioneel huisvestingssysteem (1 m<sup>2</sup> per dier in plaats van 0.8 m<sup>2</sup>). De varkenshouders streven ernaar om de staarten van de varkens niet te couperen.

Hoewel dit concept vooralsnog alleen de “vleesvarkensfase” betreft steunt de Dierenbescherming het systeem met het Beter Leven kenmerk met één ster. Samen met de betrokken wroetstalvarkenshouders werkt de Dierenbescherming aan verdere welzijnsverbeteringen, ook in de andere fasen van de varkenshouderij.

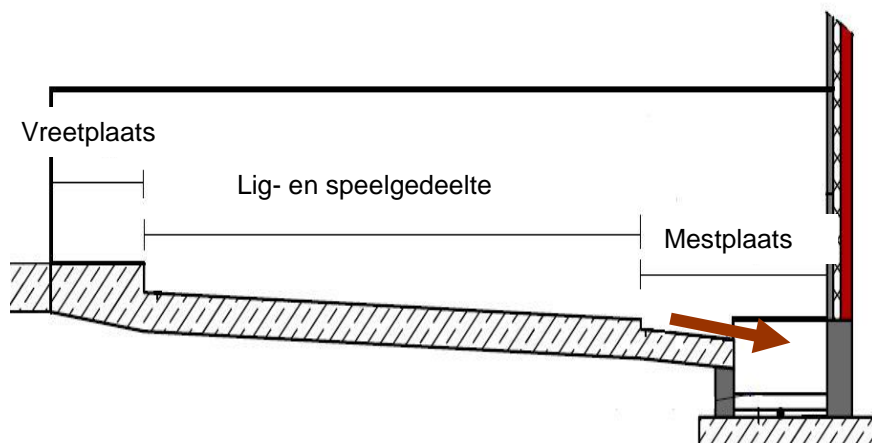


Fig. 1: zijaanzicht van een wroetstalhok met links de verhoogde vreetplaats, in het midden het licht hellende lig- en speelgedeelte, en rechts de mestruimte met extra afschot naar een opening (pijl) tussen de betonvloer en het verhoogde rooster boven het mestkanaal met daarin een mestschuif. (naar Broenink, 2010).

In Figuur 1 wordt het zijaanzicht van een wroetstalhok weergegeven. Eerdere uitvoeringen hadden geen verhoogde vreetplaats en verlaagde mestplaats (het gedeelte betonvloer met extra afschot). Dit extra afschot moet ervoor zorgen dat strooisel met mest en urine vanaf de mestplaats (vóór het rooster) sneller wordt afgevoerd naar het mestkanaal onder het rooster. Het doel van deze aanpassingen was om door sneller mest af te voeren en het mestoppervlak klein te houden, de ammoniakemissie verder te reduceren in vergelijking met de door Aarnink et al. in 2004 gemeten stal zonder deze maatregelen. Uit oriënterende metingen bleek echter dat een reductie tot 1.4 kg/j per dierplaats per jaar niet gehaald kon worden (Aarnink, mondelinge mededeling).

De Stichting Maatschappelijk Bewuster Varkensvlees is bezig om dit concept samen met de Dierenbescherming te certificeren (Cobben 2011, pers. mededeling) Daarbij wordt de wroetstal gedetailleerd beschreven en zullen onder meer aan de volgende punten eisen worden gesteld:

- Strooiselverstrekking (aard van het strooisel, hoeveelheid, frequentie),
- Lengte-breedte verhouding (2.5 : 1) en maximale breedte van de hokken (3.5 meter),
- Groepsgrootte 20-35 dieren per hok,
- Dierbezetting (1 m<sup>2</sup> per dier),
- Uitvoering van de dichte vloer, afschot (2 %),
- Uitvoering en afmetingen van vreet- en mestplaats, extra afschot van de mestplaats (4-5 %),
- Oppervlakte roostergedeelte (10 % van hokoppervlak) en opening tussen vloer en rooster,
- Uitvoering mestkanaal en afmestfrequentie (meerdere malen per dag).



*Fig. 2: Hok in een wroetstal met achterin een verhoogde roostervloer boven het mestkanaal (foto Broenink)*



*Fig. 3: De opening tussen de betonvloer en het verhoogde metalen rooster waardoor het strooiselmest in het mestkanaal terecht komt (foto Wageningen UR Livestock Research). Door extra afschot van de betonvloer bij het mestkanaal wordt strooiselmest sneller afgevoerd.*

Het mengsel van strooisel en mest kan zowel stapelbaar zijn (in de zomer, met droogvoer) als visceus (in de winter, met brijvoer).



## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Uitgangspunten

Op basis van Aarnink et al. (2004, mondelinge mededeling) en de verzamelde gegevens van de twee bezochte wroetstalbedrijven is een aantal uitgangspunten en scenario's geformuleerd die daarna zijn doorgerekend. Hierbij is niet alleen de stal beoordeeld op milieutechnische prestatie, maar ook de mestonderdelen verderop in de keten: opslag van mest en het toedienen op het land. Omdat in de praktijk verschillende varianten van de wroetstal voorkomen waarbij niet emissiearm wordt toegediend en waarbij de mest inclusief het strooisel niet wordt gecomposteerd maar vergist, zijn deze varianten als scenario's doorgerekend. Het gebruiken van de LCA-methodologie houdt ook in dat gekeken wordt bij gebruik van nieuwe grondstoffen, wat dat in andere ketens voor consequentie heeft. In dit geval is dat het gebruik van zaagsel in de stal. De consequentie is dat zaagsel aan een andere keten onttrokken wordt (in dit geval de energieproductieketen en de transportketen). Het milieueffect hiervan wordt meegenomen in een losstaand scenario.

#### 2.1.1 Voerverbruik en groei

Het voerverbruik en de groei van de vleesvarkens in wroetstallen is volgens opgave van de varkenshouders gelijk aan dat in de gangbare huisvesting. Zowel droogvoer als brijvoer worden toegepast. Een deel van het voer (ca. 20 %) bestaat uit regionaal geteelde maïs (CCM, corn cob mix, maïskorrels met een deel van de spil).

#### 2.1.2 Herkomst strooisel en strooiselgebruik

Een opvallend punt van de wroetstal is de wekelijkse strooiselverstreking. Hiervoor wordt circa 15 liter dennenzaagsel per vleesvarken per week verstrekt (circa 750 liter per dierplaats per jaar). Het zaagsel kan deels vervangen worden door houtsnippers of stro (Cobben 2011, pers. mededeling). Het voorin het hok verstrekte strooisel wordt door de wroetende varkens geleidelijk naar achteren gewerkt en daarbij in toenemende mate gemengd met mest en urine. Het mengsel van strooisel en mest komt uiteindelijk terecht in het mestkanaal en wordt afgeschoven naar een overdekte opslag buiten de stal.

#### 2.1.3 Huisvesting en energiegebruik t.o.v. gangbaar

Wroetstallen hebben een niet-geïsoleerde betonvloer en zijn niet onderkelderd. De mest met strooisel wordt dus niet in de stal opgeslagen maar meerdere malen per dag vanuit het mestkanaal met een mechanisch mestafvoersysteem naar een overdekte mestopslag buiten de stal afgevoerd.

In tegenstelling tot gangbare stallen worden wroetstallen niet verwarmd. Dit is niet nodig vanwege het isolerende effect van het strooisel. De frequente mestafvoer met schuiven kost elektrische energie. In het rekenmodel is rekening gehouden met het lagere gasgebruik en het hogere elektragebruik van wroetstallen. Het energiegebruik van de mechanische ventilatie is gelijk verondersteld aan dat van gangbaar.

#### 2.1.4 Mestproductie, mestopslag en mesttoediening t.o.v. gangbaar

Omdat de technische resultaten in de wroetstal gelijk zijn aan die van gangbaar, wordt verondersteld dat de mineralenexcretie van varkens in de wroetstal gelijk is aan die van reguliere varkens evenals de totaal geproduceerde hoeveelheid verse mest en urine (ca. 1.200 kg mest + urine per dierplaats per jaar). Echter, in de wroetstal en uit de mestopslag buiten de stal verdampt meer water uit de mest waardoor de massa van de mest afneemt. De varkenshouders schatten dat gemiddeld 20% gewichtsverlies optreedt tussen het moment van mestproductie en mesttoediening bij een gemiddelde opslagduur van 2 à 3 maanden. In de zomer zijn de verliezen hoger dan in de winter.

### 2.1.5 Transport

Transportafstanden van mest en varkens van wroetstal en gangbaar worden gelijk verondersteld omdat dit in geval van toenemende toepassing van de wroetstal door logistieke aanpassingen aannemelijk zal zijn. Daarmee zijn transport van mest en varkens geen systeemeigenschappen. Op dit moment is dat echter niet zo: de transportafstand voor wroetstalvarkens is bijvoorbeeld groter omdat deze varkens worden geslacht in een kleinschalige slachterij in Kerkrade.

## 2.2 Scenario's

Bij één van de bezochte bedrijven wordt de wroetstalmest in de periode dat uitrijden is toegestaan, niet emissiearm toegediend op grasland. Dat is de gangbare manier van toediening van vaste mest op grasland. Dit impliceert dat de wroetstalmest in de periode dat uitrijden niet is toegestaan, buiten de stal moet worden opgeslagen.

Op het andere bedrijf wordt de wroetstalmest na een korte opslagperiode afgevoerd naar een covergistingsinstallatie ten behoeve van energieproductie. Dit impliceert dat de mest jaarrond wordt afgevoerd na een korte opslagperiode.

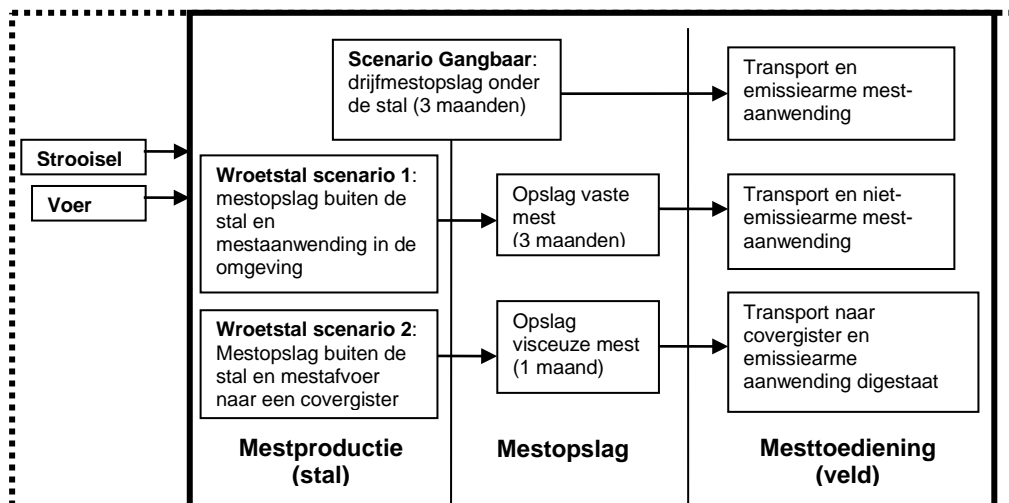
Omdat de bezochte wroetstalhouders zeer verschillend omgaan met de geproduceerde mest, worden in het rekenmodel twee wroetstalscenario's onderscheiden van gangbaar die beiden toegepast worden in de praktijk:

In Figuur 4 worden de drie scenario's schematisch weergegeven:

- Scenario Gangbaar met opslag van drijfmest onder de stal gedurende gemiddeld drie maanden, transport over 50 km en emissiearme toediening,
- Wroetstal scenario 1 met opslag van vaste mest buiten de stal gedurende gemiddeld drie maanden, transport over 50 km en niet-emissiearme toediening op bouw- en grasland
- Wroetstal scenario 2 met opslag buiten de stal gedurende een maand, transport over 50 km naar een covergister, 50 km transport van het digestaat naar het veld en emissiearme toediening van het digestaat. Digestaat is vloeibaar en kan zowel op grasland als op bouwland emissiearm worden toegediend. Er is vanuit gegaan dat emissiearme technieken, implementatiegraden en toediening op gras- en bouwland gelijk zijn aan die van gangbare vleesvarkensdrijfmest.

Daarnaast zijn nog drie varianten doorgerekend:

1. Een variant waarbij de energieopbrengst (elektriciteit) van de WKK van de covergister in Wroetstal scenario 2 wordt toegerekend aan de keten met wroetstal. Hierbij is de biogasopbrengst van wroetstalmest gelijk verondersteld aan die van dikke fractie uit scheiding van varkensdrijfmest (50 m<sup>3</sup> biogas per ton dikke fractie met 60 % methaan) (Timmerman, 2010).
2. Omdat het zaagsel nu niet verbrand wordt in een energiecentrale komen de CO<sub>2</sub> equivalenten van de gemiste energieopbrengst ten laste van de wroetstal. Dit is berekend als variant op Wroetstal scenario 1
3. Bij de derde variant is uitgegaan van de directe en indirecte emissiecijfers voor CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O zoals de IPCC en de NIR (national inventory report voor Nederland) hanteren voor gangbare huisvesting (en mestopslag onder de stal).



Figuur 4: Schematische weergave van de drie doorgerkende scenario's Gangbaar, Wroetstal 1 en Wroetstal 2 waarbij de inputs strooisel en voer buiten de gekozen systeemgrens vallen.

## 2.3 Afbakening en emissies

### 2.3.1 Afbakening

In de berekeningen van het milieueffect van de verschillende scenario's worden de volgende posten meegenomen:

- Stalemissies
- Opslagemissies,
- Toedieningsemisies,
- transportemissies,
- emissies van energieverbruik resp. –opwekking (excl. energie voor transport).

Niet meegenomen in het rekenmodel zijn de volgende punten:

- Emissies verbonden aan voerproductie en voertransport (zie 2.1.1.),
- Emissies verbonden aan zaagselproductie en zaagseltransport (zie 2.1.2),
- Productie van mestafvoersysteem, mestopslagen en transportmiddelen (kapitaalgoederen),
- Benodigde extra arbeid en strooiselkosten,
- Ammoniak, stikstofoxiden en zwaveldioxide als precursors voor fijnstof,
- Veranderingen in het organische stofgehalte van de bodem als gevolg van toediening van verschillende mestsoorten,
- Emissies verbonden aan transport van de varkens naar de slachterij (zie 2.1.5).
- Vermeden kunstmestgebruik door toediening van mest.

### 2.3.2 Emissies van stal, opslag en na mesttoediening

In de Tabellen 1, 2 en 3 zijn de milieu-kengetallen gegeven van respectievelijk de stal, de opslag en het toedienen van de mest. Om transparantie te borgen is per kengetal aangegeven welke referenties zijn gebruikt. De referenties staan als noten onderaan de Tabellen.

**Tabel 1.** Stalemissies en energieverbruik van gangbaar systeem en van de wroetstal inclusief referenties.

Emissie per dierplaats	Gangbaar	referentie	Wroetstal (Sc. 1 en 2)	referentie
CH <sub>4</sub> , kg/j (1)	17.5	1	2.2	1
N <sub>2</sub> O, kg/j (1)	0.008	1	0.20	1
N <sub>2</sub> O, kg/j indirect	0.032	1*	0.029	1*
NO, kg/j (5)	0.017	5	0.30	5
SO <sub>2</sub> , kg/j	0.004	(a)	0.001	(a)
NH <sub>3</sub> , kg/j (3)	2.5	3	2.1	2
PM10, g/j (4)	153	4	76.5	6
PM2.5, g/j (1)	7.1	1	3.6	8
Energie. MJ/jr (7)	127	7	8.8	9

1. Mosquera en Hol, 2011; 1\* indirecte emissie (1 % van NH<sub>3</sub>-N en NO-N) IPCC 2006; 2. Aarnink et al., 2004; 3. Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij; 4 Overzicht Emissiefactoren fijn stof voor veehouderij (www.rijksoverheid.nl); 5. Verhouding met N<sub>2</sub>O-N als in NEMA (Velthof et al., 2009); 6. Aarnink en v.d. Hoek, 2004; 7. KWIN 2009-2010; 8. zelfde verhouding als gangbaar; 9. Broenink, persoonlijke mededeling

a) Berekend uit energieverbruik volgens Ecolnvent 2007

**Tabel 2.** Opslagemissies en energieverbruik voor mest van gangbare stal en wroetstal inclusief referenties.

Emissie per dierplaats	Gangbaar	referentie	Wroetstal Scenario1	Wroetstal Scenario 2	referentie
CH <sub>4</sub> , kg/j (1)	0.17	1	0.17	0.06	1
N <sub>2</sub> O, kg/j	0.0005	2 (b)	0.0005	0.00017	2 (b)
NO, kg/j	0		0	0	
SO <sub>2</sub> , kg/j	0		0	0	
NH <sub>3</sub> , kg/j (3)	0.04	3	0.04	0.013	3
PM10, g/j (a)	0	(a)	0	0	(a)
PM2.5, g/j (a)	0	(a)	0	0	(a)
Energie. MJ/jr	0		0	0	

1. De Mol en Hilhorst 2003; 2. indirecte emissie (1% van NH<sub>3</sub>-N en NO-N) volgens IPCC 2006; 3. NEMA (Velthof et al 2009)

a) aanname dat bij afgedekte opslag geen stof emiteert

b) Het mengsel van zaagsel en mest vervloei, wordt in een sleufsilos opgeslagen en kan dan alleen aan de oppervlakte emitteren. Wordt in de zomer wel warm wat getuigt van microbiële omzettingen, maar emissies van NH<sub>3</sub>, overige N worden, vanwege veronderstelde anaërobie, in beide scenario's toch gelijk verondersteld aan die van drijfmest.

**Tabel 3.** Toedieningsemissies en energieverbruik voor mest van gangbare stal en wroetstal inclusief referenties.

Emissie per dierplaats	Gangbaar	referentie	Wroetstal	Wroetstal	referentie
			Scenario 1	Scenario 2	
CH <sub>4</sub> , kg/j	0		0	0	
N <sub>2</sub> O, kg/j direct	0.102	1	0.075	0.075	1
N <sub>2</sub> O, kg/j indirect	0.010	1	0.068	0.021	1
NO, kg/j	0.089	2	0.08	0.07	2
SO <sub>2</sub> , kg/j	0.002	3	0.005	0.002	3
NH <sub>3</sub> , kg/j	0.7	(a)	5.2	1.6	(b,c)
PM, g/j	0.0024	3	0.61	0.0026	3
Energie, MJ/jr	20.3	3	45.6	22.0	3

1. Directe en indirecte emissie (1 % van N-mest en 1 % van NH<sub>3</sub>-N en NO-N) IPCC 2006

2. Directe emissie 0.55 % van N-mest (Stehfest en Bouwman 2006) en indirecte emissie (Ecolnvent 2007)

3. Ecolnvent 2007

a) Afgeleid van NEMA: NH<sub>3</sub> emissie toediening door vleesvarkensmest van 22% van TAN, uitgaande van de implementatie van emissiearme technieken voor gras- en bouwland

b) Afgeleid van NEMA: NH<sub>3</sub> emissie toediening door vaste vleesvarkensmest met 100% bovengronds aanwenden en een emissie van 69-74% van TAN afhankelijk van aanwenden op bouw- of grasland

c) Afgeleid van NEMA: NH<sub>3</sub> emissie toediening door vleesvarkensmest met 100% in één gang onderwerken en een emissie van 22% van TAN

Voor de transportemissies en emissie bij de productie van elektriciteit (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM, energieverbruik en SO<sub>2</sub>) zijn de data van Ecolnvent 2007 gebruikt.

In het rekenmodel is uitgegaan van een gemiddelde drijfmestproductie van gangbare vleesvarkens van 1.200 kg per dierplaats per jaar. Voor varkens uit een wroetstal is uitgegaan van een mestproductie van 1000 kg vanwege een geschatte verdamping van circa 20% en toevoeging van strooisel. Dit resulteert dus in lager brandstofverbruik, en emissies, bij transport en mesttoediening

Voor de biogasproductie bij vergisting (Scenario 2) is uitgegaan van 50 m<sup>3</sup> biogas per ton mest met 60 % methaan. Dit vanwege het hogere gehalte organische stof in wroetstalmest ten opzichte van drijfmest.

De LHV (verbrandingswaarde) van zaagsel is gesteld op 16.2 MJ/kg

(<http://home.kpn.nl/vanadovv/Energ.html>)

### 2.3.3 Berekening broeikasgaspotentieel en verzuringspotentieel

De stalemissies, opslagmissies, toedieningsemissies, transportemissies en de emissies van verbranding van zaagsel en van verbranding van biogas na vergisting van wroetstalmest zijn berekend. Als eenheid ter vergelijking is "dierplaats per jaar" gebruikt. Er zijn twee milieu-impact categorieën gekwantificeerd: broeikasgassen en verzuring). De emissies van methaan en lachgas zijn omgerekend naar broeikasgasequivalenten ofwel kg CO<sub>2</sub>-equivalenten. Ammoniak en stikstofoxiden werken verzurend en zijn, analoog aan de CO<sub>2</sub>-equivalenten, omgerekend naar zwaveldioxide- ofwel kg SO<sub>2</sub>-equivalenten. De conversiefactoren staan in Tabel 4.

**Tabel 4.** Conversiefactoren (CO<sub>2</sub>-equivalenten: IPCC 2006; SO<sub>2</sub>-equivalenten: Goedkoop *et al* 2009). GWP = Global Warming Potential.

Conversiefactoren			
GWP	kg CO <sub>2</sub>	1	kgCO <sub>2</sub> eq
	kg N <sub>2</sub> O	298	kgCO <sub>2</sub> eq
	kg CH <sub>4</sub>	25	kgCO <sub>2</sub> eq
verzuring	kgNH <sub>3</sub>	2.45	kgSO <sub>2</sub> eq
	kgNO <sub>x</sub>	0.56	kgSO <sub>2</sub> eq

### 3 Resultaten en discussie

#### 3.1 Gangbaar versus wroetstal

In Tabel 5 valt op dat de methaanemissie van de wroetstalscenario's lager is dan die van gangbaar. Voor de stikstofverbindingen (lachgas, stikstofoxiden en ammoniak) geldt het omgekeerde. Dit wordt veroorzaakt door het verschil in mestsoort tussen beide systemen (drijfmest en vaste mest).

**Tabel 5.** Emissies en energieverbruik in de mestketen van de drie scenario's, gangbare varkenshouderij en twee wroetstal scenario's en de voornaamste oorzaak van de verschillen tussen scenario's

Emissie per dierplaats	Scenario gangbaar	Wroetstal		Voornaamste oorzaak verschil tussen scenario's
		Scenario 1	Scenario 2	
CO <sub>2</sub> (kg/ jr)	18.8	12.04	17.74 <sup>1</sup>	Energieverbruik
CH <sub>4</sub> (kg/ jr)	17.7	2.4	2.6	Stalemissie (mest)
N <sub>2</sub> O (kg/ jr)	0.153	0.37	0.33	Toedieningsemissie
NO <sub>x</sub> (kg/ jr)	0.151	0.42	0.47	Transportemissie
SO <sub>2</sub> (kg/jr)	0.046	0.039	0.07	Energieverbruik
NH <sub>3</sub> (kg/ jr)	3.2	7.3	3.7	Toedieningsemissie
PM 10 en 2.5 (g/jr)	160.1	80.7	80.1	Stalemissie (mest)
Energie (MJ/ jr)	290.4	173.9	269.7 <sup>1</sup>	verwarming, transport

1: Energiewinst en verminderde CO<sub>2</sub> belasting door vergisting is hier niet in verrekend, Dat komt bij Variant 1 aan de orde

De ammoniakemissie van Wroetstalscenario 1 (met niet-emissiearme toediening van vaste mest) is opvallend hoger dan die van gangbaar en ook hoger dan die van Wroetstalscenario 2 met emissiearme toediening van digestaat op bouwland of grasland. Het zij opgemerkt dat op stalniveau de vergelijking is gemaakt is met de gangbare varkenshouderij. Wanneer gekeken zou worden naar een vergelijking met de maximale emissiewaarde in het Besluit huisvesting (1.4 kg/j per dierplaats) zou ook de stal een voorname oorzaak van het verschil geven.

De hogere CO<sub>2</sub>-productie en het hogere energieverbruik van de gangbare houderij en Wroetstalscenario 2 ten opzichte van Wroetstalscenario 1 worden vooral veroorzaakt door verschil in energieverbruik (verwarming bij gangbaar) en transportafstand (50 km extra voor Wroetstalscenario 2 vanwege transport van mest naar de covergister en van digestaat naar het veld).

#### 3.2 Drie varianten op de wroetstal-scenario's

Bij studies als deze kunnen uitgangspunten van doorslaggevend belang zijn op de uitkomsten. Om een idee te krijgen van wat dat in het geval van de wroetstal kan betekenen zijn drie varianten doorgerekend en vergeleken met gangbaar.

1. Als de energieproductie (elektriciteit) van de verbranding van biogas in een WKK (scenario 2 met covergisting van de wroetstalmest), ten gunste komt van de wroetstal is dat gunstig voor het broeikas-effect. De emissie van CO<sub>2</sub>-equivalenten wordt dan 75% lager i.p.v. 60% lager ten opzichte van die van gangbaar.
2. Wanneer de tweede variant uitgewerkt wordt en de energieproductie die niet op kon treden door zaagselverbranding ten koste gaat van de wroetstal werkt dat ongunstig op de emissie van CO<sub>2</sub> equivalenten; die stijgt van 60% lager naar 30% lager ten opzichte van gangbaar. Bij beide varianten blijft het broeikas-effect van de wroetstal lager dan die van de gangbare vleesvarkensstal.
3. Wanneer de IPCC-cijfers voor de methaan- en lachgasemissie vanuit stal en mestopslag onder de stal bij gangbaar worden gebruikt, wordt de beperking van de emissie van CO<sub>2</sub>-equivalenten bij de wroetstal ten opzichte van gangbaar ongeveer de helft lager (van 60% naar 30% lager dan gangbaar).

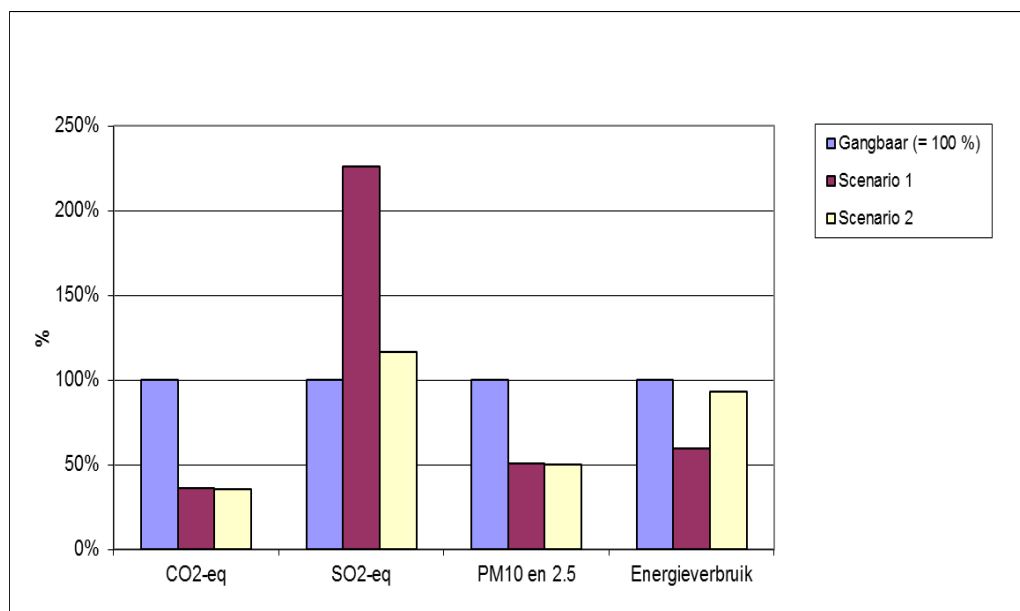
### 3.3 Broeikasgassen en verzurende stoffen

Na omrekenen van koolstofdioxide, lachgas en methaan naar CO<sub>2</sub>-equivalenten en van stikstofoxiden, zwaveldioxide en ammoniak naar SO<sub>2</sub>-equivalenten ( zie 2.2.3) verkrijgt men de totaalcijfers voor broeikasgassen en verzurende stoffen in Tabel 6:

**Tabel 6.** Totale emissies van broeikasgassen en verzurende stoffen in CO<sub>2</sub>- en SO<sub>2</sub>-equivalenten

Emissies per dierplaats	Wroetstal		
	Gangbaar	Scenario 1	Scenario 2
CO <sub>2</sub> -equivalenten (kg/ jr)	507	182	179
SO <sub>2</sub> -equivalenten (kg/ jr)	8.1	18.3	9.5

In Figuur 5 worden de voornaamste verschillen tussen gangbaar en wroetstal, zijnde broeikasgassen, NH<sub>3</sub>-emissie, fijn-stof-emissie en energieverbruik grafisch weergegeven ten opzichte van gangbaar (100 %).



*Figuur 5: Relatieve verschillen tussen gangbaar (100 %) en de wroetstal-scenario's voor Totaal broeikasgassen (CO<sub>2</sub>-equivalenten), NH<sub>3</sub>, PM 10 en 2.5, en Energieverbruik*

Figuur 5 laat zien dat de wroetstal, ondanks de hogere lachgasemissies, minder broeikasgas emitteert dan de gangbare varkenshouderij. Dit komt door de lagere methaanemissie uit de wroetstal omdat deze zeer kort wordt opgeslagen en meer aerob is dan drijfmest.

Wanneer voor de gangbare houderij niet de nieuwe emissiecijfers voor methaan en lachgas van Mosquera en Hol (2011) worden gebruikt, maar de cijfers van IPCC (2006) verandert het beeld niet wezenlijk. In dat geval is de emissie van CO<sub>2</sub>-equivalenten van de wroetstal nog steeds lager dan die van gangbaar

De wroetstal emitteert meer verzurende stoffen dan de gangbare vleesvarkensstal (Tabel 6). Dit verschil wordt vooral veroorzaakt door de NH<sub>3</sub>-emissie tijdens toedienen van de mest (Tabel 5, Figuur 5). Scenario 2 laat lagere NH<sub>3</sub>-emissies zien door emissiearme mesttoediening (na vergisting). De referentie die gekozen is, is de gangbare vleesvarkenshouderij met een NH<sub>3</sub>-emissie van 2,5 kg/j per dierplaats. Wanneer de wroetstal wil voldoen aan de eisen die gelden binnen Besluit huisvesting t.a.v. de maximale emissiewaarde van 1.4 kg/j per dierplaats zal ongeveer de helft van de NH<sub>3</sub>-emissie uit de stal gereduceerd moeten worden.

De fijnstofemissie van wroetstallen valt de helft lager uit dan van gangbaar. Dit is gebaseerd op literatuuronderzoek van Aarnink en Van der Hoek (2004). De auteurs stellen hierbij dat strooiselmanagement wel een belangrijke bepalende factor is. Deze aanname dient daarom voor de wroetstal gevalideerd te worden.

Deze studie geeft een indruk van de milieubelasting van een wroetstal in vergelijking met een gangbare vleesvarkensstal. Deze vergelijking is niet uitputtend. Enerzijds was dat niet mogelijk omdat de kenmerken van een wroetstal nog niet scherp gedefinieerd zijn. Anderzijds door de beperkte omvang van de studie (o.a. gekozen systeemgrenzen en varianten). Het bouwen van de stal en het gebruik van bouwmaterialen is hier bijvoorbeeld niet meegenomen, alsmede de bemestende waarde van de verschillende producten. Voor de wroetstal zal minder beton geproduceerd hoeven te worden omdat geen kelder nodig is, dit levert milieuvoordeel op. Extra milieukosten voor de productie van het mestafvoersysteem in de wroetstal zijn net zo min meegenomen. Een derde punt is dat met betrekking tot milieu het van belang is dat mestmanagement-aspecten nader beschouwd moeten worden. Te denken valt aan de kwantiteit en de kwaliteit van het strooisel, de frequentie van verwijderen van de strooiselmest uit de stal en omstandigheden tijdens opslag. Dit heeft effect op de emissies van  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  en  $\text{NO}$  door het effect op de mate van nitrificatie, denitrificatie en methanogenese.



## 4 Conclusies

Uit deze verkennende studie wordt geconcludeerd dat bedrijven met wroetstallen een lagere broeikasgasemissie geven waardoor het broeikaseffect lager is dan dat van bedrijven met gangbare vleesvarkensstallen. Dit wordt vooral veroorzaakt door verlaging van de emissie van methaan, die het effect van een verhoogde lachgas-emissie compenseert. Het verzurende effect van bedrijven met wroetstallen blijkt na verkenning hoger te zijn omdat de uitstoot van ammoniak hoger is dan van bedrijven met gangbare vleesvarkensstallen. Dit wordt vooral veroorzaakt door de productie in wroetstallen van min of meer stapelbare mest en afwijkende methoden voor mestopslag en –toediening. De emissies van verzurende componenten zijn daardoor hoger dan bij gangbare drijfmestopslag met emissiearme mesttoediening.

Wanneer vergisting van wroetstalresten binnen het bedrijf plaats vindt, verbetert de milieuprestatie ten aanzien van emissies van broeikasgassen (vooral door een lagere methaanemissie) en verzurende componenten (ammoniak emissie is lager door emissiearme toediening van het digestaat). Het transport van de mest en het digestaat naar en vanaf de covergistingsinstallatie doet een aanzienlijk deel van de winst op broeikasgassen en energieverbruik door de opbrengst aan elektrische energie uit covergisting echter teniet.

## 5 Literatuur

Aarnink, A.J.A. & K.W. van der Hoek, 2004. Opties voor reductie van fijn stof emissie uit de veehouderij. Agrotechnology & Food Sciences, Wageningen UR en RIVM, A&F report nr 289, RIVM Rapport 680500001, ISBN 90-6754-852-9, 32 pp.

Aarnink, A.J.A., M. Wagemans & G.M. Nijeboer, 2004. Emissies uit een welzijnsvriendelijke stal voor vleesvarkens; het Canadian Bedding System. Agrotechnology & Food Innovations, Rapport 084, ISBN 90-6754-759-X, Wageningen, 19 pp.

Broenink, J., 2011. Enrichment material for pigs: the point of view of a farmer; Presentation Animal Welfare EU.ppt; 11 November 2010, Parma.  
[http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/seminars/docs/20101111\\_agenda\\_parma\\_presentation\\_jorg\\_broenink.pdf](http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/seminars/docs/20101111_agenda_parma_presentation_jorg_broenink.pdf)

EcoinventCentre, 2007. Ecoinvent data v2.0 Final reports econinvent 2007. In: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland

Goedkoop M.J., Heijungs R, Huijbregts M., De Schryver A.; Struijs J.; Van Zelm R, ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level; First edition Report I: Characterisation; 6 January 2009, <http://www.lcia-recipe.net>

Groenestein, C.M., J.F.M. Huijsmans, R.L.M. Schils, 2009. Emissies van broeikasgassen, ammoniak, fijn stof en geur in de mestketen, Wageningen UR, Livestock research-Rapport 248

IPCC, 2006, ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the national greenhouse gas inventories programme, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Technical Support Unit

Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2008, National Inventory Report 2010, Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL), Bilthoven, PBL report 500080017 / 2010

KWIN, 2009-2010. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2009-2010. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad

Mol, R..M., en Hilhorst, M.A., Methaan-, lachgas en ammoniakemissies bij productie, opslag en transport van mest, Wageningen: IMAG –(Rapport 2003-03/Wageningen-UR, Instituut voor Milieu- en Agritechniek; 2003)

Mosquera, J. en J.M.G. Hol, 2011. Emissiefactoren voor methaan, lachgas en PM 2.5 voor stalsystemen, inclusief toelichting. Wageningen UR Livestock Research rapport 496.

Rav (Regeling Ammoniak en Veehouderij) <http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak-en/regeling-ammoniak>

Timmerman, M. 2009. Methaanproductie uit varkensmest, V-focus, augustus 2009, pag. 46/47  
<http://edepot.wur.nl/9425>

Timmerman, M., H.J.C van Dooren en G. Biewenga, 2005. Mestvergistings op boerderijschaal. Animal Sciences Group, Lelystad. Praktijkrapport Varkens 42

Stehfest, E., Bouwman, L., 2006. N<sub>2</sub>O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. Nutrient Cycling in Agroecosystems 74, 207-228.

Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen en J.F.M. Huijsmans 2009. Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland , Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 70.



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E [info.livestockresearch@wur.nl](mailto:info.livestockresearch@wur.nl) | [www.livestockresearch.wur.nl](http://www.livestockresearch.wur.nl)