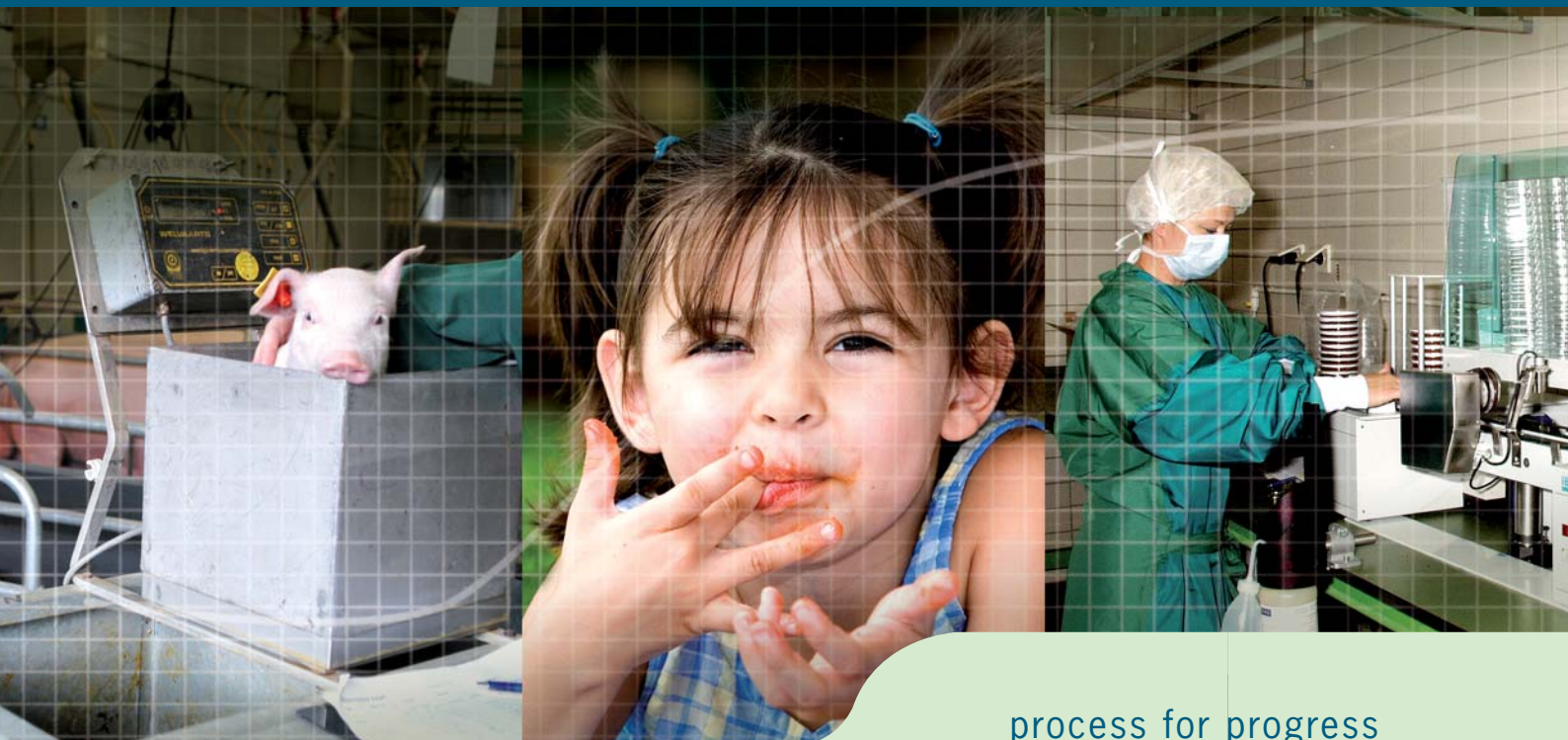


Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 231

Oriënterend laboratoriumonderzoek naar ammoniakemissie uit bodempakketten voor vrijloopstallen

Mei 2009



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group van Wageningen UR
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail Info.veehouderij.ASG@wur.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Liability

Animal Sciences Group does not accept any liability for damages, if any, arising from the use of the results of this study or the application of the recommendations.

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

The ammonia emissions of simulated urinations were measured in the lab with several bedding materials. Emissions were higher with inorganic bedding materials than with organic materials.

Keywords

Ammonia emission, dairy cattle, housing, urine, feces, bedding material

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

M.C.J. Smits, F. Dousma, G.C.C. Kupers, K. Blanken

Titel

Oriënterend laboratoriumonderzoek naar ammoniakemissie uit bodempakketten voor vrijloopstallen
Rapport 231

Samenvatting

De ammoniakemissie van een gesimuleerde urinelozing werd in een labopstelling gemeten aan diverse bodemmaterialen die vooraf gemengd waren met feces en urine. Bij anorganische bodems werden hogere ammoniakemissies gemeten dan bij organische.

Trefwoorden

Ammoniakemissie, melkvee, stal, urine, mest, bodemmateriaal



Rapport 231

Oriënterend laboratoriumonderzoek naar ammoniakemissie uit bodempakketten voor vrijloopstallen

Laboratory study of ammonia emission from bedding materials of freestall dairy cattle houses

M.C.J. Smits

F. Dousma

G.C.C. Kupers

K. Blanken

Mei 2009

Voorwoord

De vrijloopstal biedt kansen de duurzaamheid in de melkveehouderij te verbeteren. In een vrijloopstal lopen de melkkoeien vrij rond. De ligruimte is tevens mestopslag. Door het ontbreken van ligboxen biedt de stal veel bewegingsruimte. Afhankelijk van het bodemtype heeft de koe 7 tot 20 m². In ligboxstallen is dit 4 tot 5 m² per koe. De uitdaging is meer ruimte voor de dieren te combineren met minder emissie en betaalbaar. Meer ruimte met zachte bodems kan zorgen voor minder klauwproblemen en meer natuurlijk gedrag. Daarbij kun je denken aan verschillende soorten bodemmateriaal zoals verschillende soorten zand, kunststof, compost (houtsnippers met zaagsel), droge mest of grond (klei of veen). In het buitenland zijn ervaringen opgedaan met verschillende bodems. De vraag is wat onder Nederlandse (klimaat)omstandigheden haalbaar is. Daarvoor is in opdracht van Productschap van Zuivel en Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit een haalbaarheidsstudie gedaan. Deze bestaat uit de volgende onderdelen:

- Ervaringen met vrijloopstallen in het buitenland inventariseren
- Economische vergelijking tussen vrijloopstal en ligboxestal
- Laboratoriumproef naar ammoniakemissie
- Verdampingsstudie naar drogen toplaag

Dit rapport betreft de laboratoriumproef naar de ammoniakemissie. De overige onderdelen zijn in afzonderlijke ASG rapporten beschreven.

Het perspectief van de vrijloopstal begint bij het vinden van een geschikte bodem. Daarop ligt het accent in deze voorstudies. In het vooruitzicht naar duurzame bedrijfssystemen in de melkveehouderij zijn meer aspecten van belang zoals kwaliteit van de mest in relatie tot bodemvruchtbaarheid, inpassing ruime stallen in het bouwblok en het landschap, emissies van zowel ammoniak als broeikasgassen, diergezondheid & welzijn en werkelijke economie & arbeidsbehoeften. Deze studies zijn oriënterend maar kunnen een startpunt zijn bij het zoeken naar nieuwe duurzame bedrijfssystemen voor de Nederlandse (klimaat)omstandigheden.

Paul Galama
Projectleider bodems voor vrijloopstallen

Samenvatting

In Nederland is belangstelling ontstaan voor nieuwe, boxloze, huisvestingsvormen voor melkvee. Deze belangstelling is primair ingegeven door gewenste verbetering op het terrein van diergezondheid en dierenwelzijn. In zogenaamde vrijloopstallen kunnen de koeien vrij bewegen. Er zijn geen ligboxen. Het liggedeelte bestaat uit een grote ruimte voorzien van een zachte, vochtdoorlatende of adsorberende bodem. Over de keuze van het bodemmateriaal is nog veel discussie gaande. Genoemd worden zand, gedroogde mest, compost en kunststof. Om een indruk te krijgen van de ammoniakemissie van verschillende bodempakketten is in een eenvoudige labopstelling het effect van een gesimuleerde urinelozing op de ammoniakemissie gemeten. Als niet-afbreekbare (anorganische) bodematerialen werden grof zand, fijn zand en rubber snippers toegepast. Als organische uitgangsmaterialen werden verse vijzelpersmest, dezelfde vijzelpersmest met daaraan toegevoegd zaagsel en houtsnippers, gecomposteerde vijzelpersmest en bagger toegepast. Aan elk van deze uitgangsmaterialen werden een week voor de emissieproef verse urine, feces en vijzelpersmest afkomstig van een melkveebedrijf toegevoegd. Bij de anorganische varianten werd een gedeeltelijke verwijdering van feces gesimuleerd door minder vijzelpersmest en minder feces toe te voegen dan bij de organische varianten. Nadat deze pakketten een week waren blootgesteld aan ventilatie zoals in een stal, werd in een laboratoriumopstelling de ammoniakemissie na 4, 24 en 72 uur gemeten. Van de organische varianten werd in de labopstelling een aangedrukte en niet aangedrukte versie gecreëerd om het effect van de dichtheid te verkennen. Bij anorganische bodems werden hogere ammoniakemissies gemeten dan bij organische. De emissie van het bagger bodempakket was steeds laag. De emissie van een compostpakket (vijzelpersmest met zaagsel en houtsnippers) was na 4 uur zeer laag; na 24 en 72 uur emissie was de emissie van de niet aangedrukte variant ook laag; die van de aangedrukte variant (met hoge dichtheid) nam echter sterk toe. Tussen de bodempakketten werden in deze proef aanzienlijke verschillen in ammoniakemissie gevonden. Op langere termijn zouden pakketten door laagvorming, dichtslibben, omzettingen e.d. hogere of lagere emissies kunnen veroorzaken. De ranking van de pakketten qua ammoniakemissie kan daardoor veranderen. In (semi-) praktijkstallen zullen emissies van de bodempakketten in de loop van de tijd en bij verschillende weersomstandigheden gemeten moeten worden. Ook andere gasvormige emissies (kooldioxide, methaan, lachgas, geur, fijnstof) zullen in vervolgonderzoek vastgesteld moeten worden. Uiteindelijk moeten de milieueffecten in de hele kringloop bodem-gewas-dier-stal beschouwd worden.

Summary

In the Netherlands there is growing interest amongst dairy farmers in new housing systems in which animal welfare and health are improved. A promising system in this area is a loose housing system (without cubicles) where cows have a large area with a soft bedding where they can both being active and rest, so called freestalls. Although these systems are already applied in the USA and Israel, little is known about the environmental impacts, and particularly the ammonia emission. The aim of this study was to get some first impressions of the suitability of different bedding materials, especially concerning ammonia emission.

The ammonia emissions of simulated urinations were measured in a laboratory set up with several bedding materials. As non degradable materials, two types of sand with larger and smaller average particle size and one type of rubber shaving were tested. As degradable materials freshly produced press screwed manure (the solid fraction), without (1) and with (2) an added mixture of sawdust and wood chips, composted press screwed manure (3) and (4) mud (peat soil/clay) originating from the small channels in the grasslands in an area with a peat soil with a top soil layer of clay.

One week before the laboratory experiment, each of the bedding materials was mixed with fresh dairy cattle feces, urine and press screwed manure to get a quick simulation of the excreta accumulation in beddings in freestalls. Into the non degradable materials less feces and less screw pressed manure were added to simulate an on farm partly removal of feces from the resulting beddings. After preparation the bedding-excreta mixtures were kept one week in boxes in a ventilated house, with similar conditions as in a cow house. After this week, the ammonia emission from a simulated urination was determined in a laboratory set up. The degradable variants were tested both after manually pressing (higher density) and without pressing (lower density) the bedding mixtures in the laboratory set up.

Ammonia emissions were higher with the non degradable bedding materials than with the degradable materials. The emission of the mud bedding mixture was low after 4, 24 and 72 hours. The emission of the mixture of screw pressed manure, sawdust, and wood chips with added excreta was very low after 4 hours. However after 24 and 72 hours the higher density variant showed a remarkable increase of ammonia emission while the low density variant did not.

Between the tested bedding variants substantial differences in ammonia emissions were measured. Only a quick and short simulation was done to get first impressions. In reality, longer term accumulation of excreta in the beddings may result in build up of layers, silting up and different conversion rates in the freestall beddings. This may result in higher or lower emissions. The ranking of bedding materials may change as a result of this. Further research, also on other gaseous emissions like greenhouse gasses, in real cow barns is recommended to study this time and conditions dependent phenomena in more detail.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1 Inleiding	1
2 Materiaal en methoden	2
2.1 Materiaal.....	2
2.2 Methoden.....	4
2.2.1 Meetopstelling.....	4
2.2.2 Simulatie urinelozing.....	5
2.2.3 Ammoniakemissiebepaling.....	5
2.2.4 Chemische analyses uitgangsmaterialen en bodempakketten.....	6
3 Resultaten en Discussie	7
3.1 Dichtheden bij aanvang emissiemeting.....	7
3.2 Ammoniakemissies.....	8
4 Conclusies	12
Literatuur	13
Bijlagen	14
Bijlage 1 Gewichtshoeveelheden van bodemmaterialen en toegevoegde feces, urine en vrijzelpersmest, per samengesteld pakket in proef 1.....	14
Bijlage 2 Analyseresultaten uitgangsmaterialen.....	16
Bijlage 3 Analyseresultaten bodempakketten.....	17

1 Inleiding

In Nederland is belangstelling ontstaan voor nieuwe, boxloze, huisvestingsvormen voor melkvee. Deze belangstelling is primair ingegeven door gewenste verbetering op het terrein van diergezondheid en dierenwelzijn. In zogenaamde vrijloopstallen kunnen de koeien vrij bewegen. Er zijn geen ligboxen. Het liggedeelte bestaat uit een grote ruimte voorzien van een zachte, vochtdoorlatende of adsorberende bodem. Over de keuze van het bodemmateriaal is nog veel discussie gaande. Genoemd worden zand, gedroogde mest, compost en kunststof. Ook in het buitenland vinden op dit gebied ontwikkelingen plaats. In Israël bestaan stallen met gedroogde mest als strooisel, in Zuid-Korea wordt compost gebruikt, in de Verenigde Staten een mengsel van zaagsel en houtsnippers met feces dat in de stal composteert. Ook zijn in de VS ervaringen met zandbodems opgedaan. De eerste ervaringen in het buitenland wijzen op een positief effect op diergezondheid en dierenwelzijn. Vrijloopstallen lijken dus perspectief te bieden. Voor introductie van deze nieuwe stalsystemen in Nederland is het belangrijk dat de toplaag van de bodem in het Nederlandse klimaat voldoende droog is en dat de ammoniakemissie van deze stal per dierplaats niet hoger is dan die van een ligboxenstal. Vanwege milieubeleidsdoelstellingen van de nationale en Europese overheden is verlaging van de ammoniakuitstoot uit de melkveehouderij gewenst. De ammoniakemissie in vrijloopstallen zou hoger kunnen zijn dan in een ligboxenstal, omdat er meer m² met mest en urine bevuild oppervlak is en omdat er misschien meer geventileerd (hogere luchtsnelheid) wordt. Anderzijds kan de ammoniakemissie vanaf de ligbodem juist lager zijn, als de urine in de bodem trekt waardoor er minder emissie vanaf de toplaag op zou kunnen treden. Per m² vloeroppervlak komt in een vrijloopstal minder verse urine terecht dan in een ligboxenstal, omdat de lozingen verdeeld worden over een grotere oppervlakte. Naast het effect van de bodem (opgebouwd uit gedroogde mest en urine en eventueel ingestrooid organisch of anorganisch materiaal) op de ammoniakemissie is de infiltrerende werking belangrijk. Het droog houden van de toplaag zou kunnen geschieden door het voldoende infiltreren van urine in de bodem. De temperatuur van de bodem zal vooral afhangen van in welke mate er compostering plaatsvindt. Tussen de ligboxenstal en de vrijloopstal bestaat in beginsel geen verschil in het stalgedeelte achter het voerhek en de emissie daarvan per m². Daarom wordt hier de focus op het liggedeelte gericht. In een ligboxenstal komt ongeveer de helft van alle lozingen terecht in het liggedeelte tussen de ligboxen; dit komt neer op circa 1,5 à 2 m² per koe. In een vrijloopstal komt ongeveer de helft van de lozingen terecht op de ligbodem. Dit betreft een oppervlakte van ongeveer 6 tot 25 m² per koe, afhankelijk van het type bodem en de gekozen opzet.

Om een indruk te krijgen van de ammoniakemissie van verschillende bodempakketten is in een eenvoudige labopstelling het effect van een gesimuleerde urinelozing op de ammoniakemissie gemeten. Ter vergelijking is ook de emissie gemeten van een laag mengmest zonder en met een urinelozing. Dit als simulatie van de verse urine die in de mestkelder terecht komt.

In hoofdstuk 2 wordt toegelicht hoe de bodempakketten zijn samengesteld en hoe de urinelozing daarop is gesimuleerd. Tevens wordt beschreven hoe de emissie in een eenvoudige laboratoriumopstelling is gemeten. In hoofdstuk 3 worden de resultaten beschreven en bediscussieerd.

Deze projectactiviteit werd uitgevoerd als onderdeel van het project "Bodems voor vrijloopstallen" en gefinancierd door Productschap Zuivel en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

2 Materiaal en methoden

2.1 Materiaal

Bodempakketten

Er zijn 2 x 3 anorganische en 2 x 4 organische ligbodempakketten (totaal 14 pakketten) samengesteld (tabel 1). Een week voor aanvang van een emissiemeetperiode werden uitgangsmaterialen gemengd met verse urine, feces en verse vijzelpersmest. Als anorganische materialen werden grof zand, fijn zand en rubber snippers toegepast. Er werden twee niveaus van feces verwijdering uit deze stalbodems gesimuleerd door meer of minder feces en vijzelpersmest aan de anorganische bodemvarianten toe te voegen.

Als organische uitgangsmaterialen voor ligbodems werden verse vijzelpersmest, dezelfde vijzelpersmest met daaraan toegevoegd zaagsel en houtsnippers, gecomposteerde vijzelpersmest en bagger¹ toegepast. Ook aan elk van deze uitgangsmaterialen werd een vaste hoeveelheid verse urine, feces en vijzelpersmest toegevoegd. Hiervan werden grotere hoeveelheden toegevoegd dan bij de anorganische bodemvarianten om te simuleren dat er geen feces uit deze ligbodems verwijderd worden. Gewichtshoeveelheden per samengesteld pakket zijn gespecificeerd in bijlage 1.

Nadat de pakketten waren samengesteld werden deze gedurende 6 dagen (proef 1) of 5 dagen (proef 2) opgesteld in bakken in een natuurlijk geventileerde schuur (met een vergelijkbaar klimaat als een stal) op de Waiboerhoeve in Lelystad. Vervolgens werden de bakken voor de laboratoriumproef naar Wageningen getransporteerd en aldaar gedurende een nacht (proef 1) of een weekend (proef 2) opgesteld in een mechanische geventileerde hal.

Tabel 1 De bodempakketten

Pot	Materiaal	Org./anorg.	Toevoeging mestmengsel (vooraf)	Feces verwijdering %	Dichtheid
1	Grof zand (metselezand uit de Noordzee)	Anorg	Beetje mest	80	Normaal
2	Fijn zand (woudzand Fr)	Anorg	Beetje mest	80	Normaal
3	Rubber snippers	Anorg	Beetje mest	80	Normaal
4	Grof zand	Anorg	Meer mest	60	Normaal
5	Fijn zand	Anorg	Meer mest	60	Normaal
6	Rubber snippers	Anorg	Meer mest	60	Normaal
7	Verse vijzelpersmest (dikke fractie)	Org	Normaal	0	Niet aangedrukt
8	Verse vijzelpersmest met daaraan toegevoegd een mengsel van zaagsel en houtsnippers	Org	Normaal	0	Niet aangedrukt
9	Gecomposteerde vijzelpersmest (>3 maanden gecomposteerd)	Org	Normaal	0	Niet aangedrukt
10	Bagger	Org	Normaal	0	Niet aangedrukt
11	Verse vijzelpersmest (dikke fractie)	Org	Normaal	0	Aangedrukt
12	Verse vijzelpersmest met daaraan toegevoegd een mengsel van zaagsel en houtsnippers	Org	Normaal	0	Aangedrukt
13	Gecomposteerde vijzelpersmest (>3 maanden gecomposteerd)	Org	Normaal	0	Aangedrukt
14	Bagger	Org	Normaal	0	Aangedrukt

¹ Bagger is in feite een mengsel van organisch en anorganisch materiaal: veen, klei en plantresten uit de sloot

De vijzelpersmest werd op een praktijkbedrijf gemaakt door drijfmest vanuit een mesttank door een vijzelpers (een mechanische mestscheider) te pompen. De verkregen dikke fractie werd als verse vijzelpersmest gebruikt als bestanddeel van de onderzochte bodempakketten. Door gebruik te maken van deze vijzelpersmest konden zonder kunstmatige droging relatief snel droge pakketten verkregen worden.



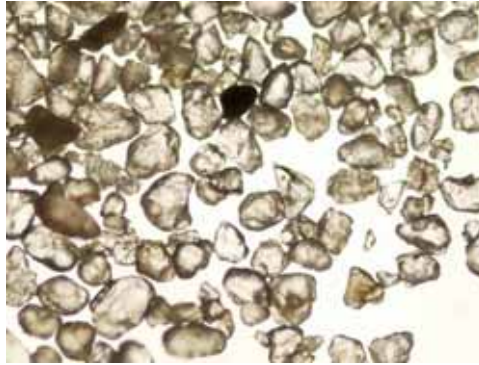
Impressie van de vijzelpers en de daarmee uit drijfmest geperste dikke fractie



Rubber snippers, die als bodemmateriaal werden gebruikt



Grof zand: metselzand 0-2mm Noordzee (40x vergroot microscoop) (Huizenga, 2006)



Fijn zand: blank woudzand(40x vergroot microscoop). Dit zand, afkomstig uit Friesland, is te classificeren als erg fijn. 86,7% van de deeltjes is kleiner dan 0,25 mm. Vrijwel alle overige deeltjes (>0,25 mm) zijn kleiner dan 0,5 mm. Dit zand wordt wel gebruikt in manegebakken (Huizenga, 2006).



Bovenaanzicht geprepareerde bak met bagger, gemengd met feces, urine en verse vijzelpersmest

Drijfmest

Naast de 14 bodempakketten werden 2 cilinders met drijfmest in de meetopstelling opgenomen. De drijfmest werd vers aangevoerd op de dag dat de ammoniakemissiemeting werd opgestart. Deze mest was 's ochtends voor de start van de emissiemeting gehaald uit de mestput van hetzelfde bedrijf waar de vijzelpersmest werd gemaakt.

2.2 Methoden

2.2.1 Meetopstelling

In het experiment is gebruik gemaakt van 16 PVC-cilinders met een interne diameter van 19 cm en een hoogte van circa 60 cm. In elke cilinder met een bodempakket werd eerst een kleine hoeveelheid vochtabsorberend materiaal aangebracht om de eventuele doorslag van urine door het pakket te kunnen vastleggen, vervolgens een laagje grof grind om direct contact van het vochtabsorberende materiaal met het bodempakket te voorkomen. Daarna werd een bodempakket (proefbehandeling) aangebracht met een hoogte van 20 cm. Hierbij is het geprepareerde bodemmateriaal zonder aandrukken in de cilinder geplaatst. Van de vier anorganische bodemvarianten werd daarnaast ook een cilinder met hetzelfde volume gecreëerd na aandrukken van het materiaal in de cilinder. Hierdoor neemt de dichtheid (kg/m^3) toe. In de praktijk zal ook een hogere dichtheid ontstaan als de dieren lopen en liggen op de bodem. Als de toplaag wordt losgemaakt met een frees of een bodemdeel wordt niet belast door een liggend, staand of lopend dier, ontstaat waarschijnlijk een vergelijkbare situatie als bij de organische bodemvarianten zonder aandrukken.

2.2.2 Simulatie urinelozing

Het urinevolume is aangepast aan de kleinere oppervlakte van de cilinder (ca. 0,03 m²); dit proportioneel ten opzichte van de normale plasoppervlakte: in een open ligruimte circa 0,7 m² per plas met een volume van 2 a 3 liter. Dit komt overeen met 0,1 liter urine in een pot van 0,03 m². Om randeffecten te beperken, is alleen op de binnenste 75% van het potoppervlak 75 ml urine gedoseerd met een maatbeker.

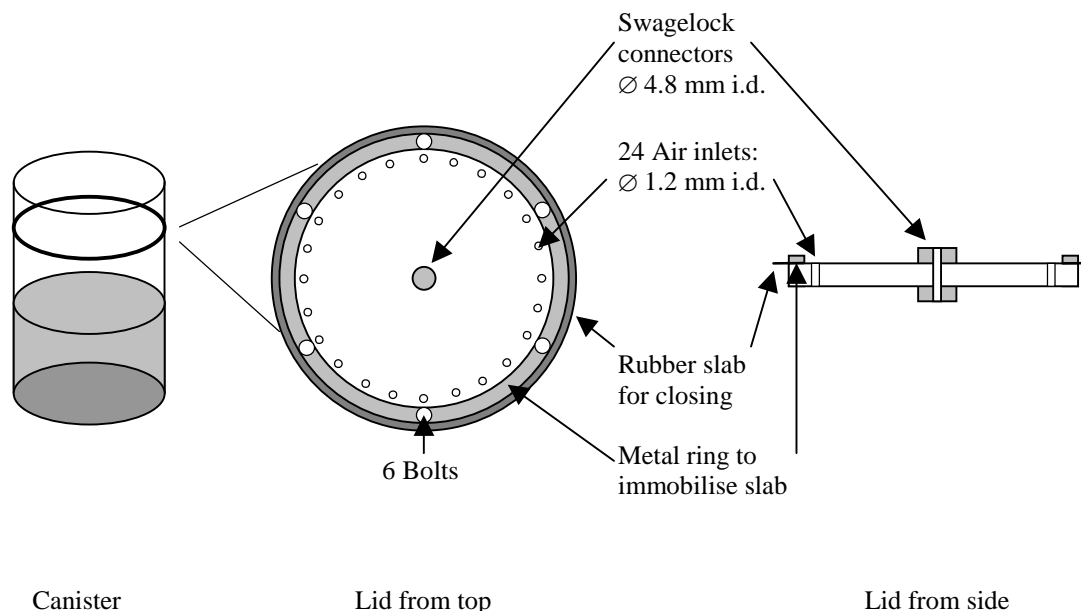
Aan één van de cilinders met drijfmest werd ook 75 ml urine toegevoegd. De andere cilinder met drijfmest werd zonder urine in de opstelling geplaatst.

2.2.3 Ammoniakemissiebepaling

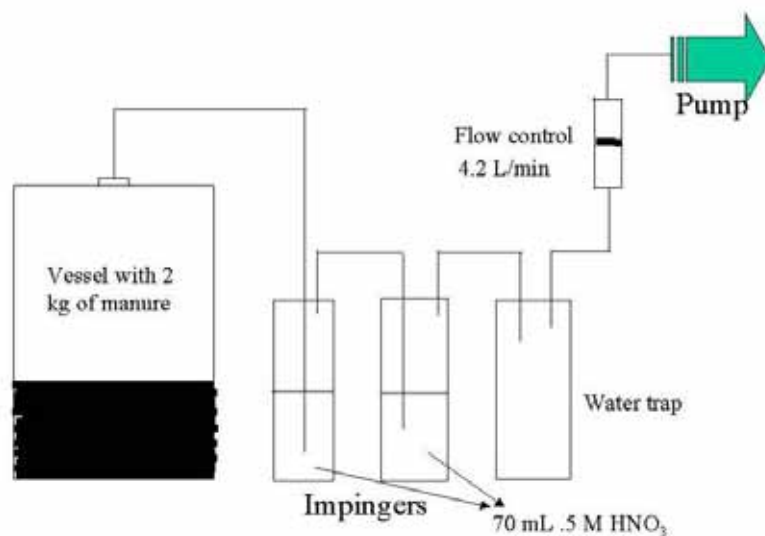
Na het aanbrengen van het bodemmateriaal en de gesimuleerde urinelozing werd op de cilinder een deksel geplaatst op een vaste hoogte van 36 cm boven het pakket. Er ontstond een luchtkamer met een vast volume van ongeveer 10 dm³. De deksel was voorzien van een rubberen rand om aanzuiging van valse lucht te voorkomen. In het centrum van het deksel was een opening (via een dubbele Swagelock connector) gepositioneerd (diameter 4,8 mm) waar de lucht vanuit de cilinder werd afgezogen. De lucht werd aangevoerd door 24 luchtinlaat gaatjes met een diameter van 1,2 mm die gelijkmatig verdeeld waren, nabij de rand van het plexiglazen deksel. Dit voor een homogene luchtstroming in de luchtkamer en vanaf het emitterende oppervlak in de cilinder. Details van de opstelling zijn schematisch weergegeven in de figuren 1 en 2.

Door het aanzuigpunt in het centrum van de deksel werd een constante hoeveelheid lucht vanuit de luchtkamer boven het bodempakket in de cilinder aangezogen met een flow van ongeveer 3,4 l/min. Hiervoor waren de aanzuigpunten van de cilinders aangesloten op een pomp via een capillair met een kritische opening. De aangezogen lucht werd door twee kolommen met zure vloeistof geleid waarin de ammoniak gebonden werd. De tweede kolom was bedoeld om de eventuele doorslag van ammoniak op te vangen (die bij een hoge ammoniakuitstoot niet in het zuur wordt vastgelegd) van de eerste kolom. Na 4, 24 en 72 uur werd de concentratie ammoniumstikstof in monsters van de zure vloeistof bepaald. De hoeveelheid ammoniumstikstof werd bepaald als het product van de ammoniumstikstofconcentratie en het gewicht van de vloeistof in de kolom. De aldus bepaalde emissies zijn per proef uitgedrukt in procenten van de cumulatieve emissie na 72 uur van aangedrukte (HD), gecomposteerde vijzelpersmest, waarvan de emissie op 100% is gesteld.

Figuur 1 Tekening van pot en deksel zoals gebruikt in de opstelling voor het meten van ammoniakemissies (Naar: Derikx *et al.*, 1995)



Figuur 2 Schematische weergaven van de opstelling voor natchemische bepaling van de ammoniakemissie. In de onderhavige proef was de flow 3,4 l/min in plaats van 4,2 l/min en werd zwavelzuur gebruikt in plaats van HNO₃. Er werd geen watertrap gebruikt.



2.2.4 Chemische analyses uitgangsmaterialen en bodempakketten

Van alle uitgangsmaterialen (bijlage 2), bodempakketten en gedoseerde urine zijn monsters genomen voor chemische analyses. In deze monsters werden de gehalten aan drogestof, totaalstikstof, ammoniumstikstof en fosfor bepaald. Tevens werd het soortelijk gewicht in het laboratorium ("onder water") bepaald in de monsters van de bodempakketten en enkele uitgangsmaterialen.

Daarnaast werd bij aanvang van de emissiemeting het gewicht van het pakket bepaald dat het beoogde volume van de cilinder vulde. Hieruit werd de bulkdichtheid in kg/dm³ berekend.

Tijdpad

De proef is tweemaal volledig uitgevoerd. In tabel 2 is het tijdpad van voorbereiding en uitvoering per proef samengevat weergegeven.

Tabel 2 Tijdpad voorbereiding en uitvoering proef 1 en 2

	Proef 1	Proef 2
<i>Materialen verzamelen</i>		
Anorganische materialen (1 batch per materiaal)	Mei 2008	Mei 2008
Bagger (1 batch)	02/06/08	02/06/08
Verse vijzelpersmest	03/06/08	16/06/08
Verse feces	03/06/08	16/06/08
Verse urine	03/06/08	16/06/08
Bodempakketten samenstellen	03/06/08	16/06/08
Opstart emissiemeting	10/06/08	23/06/08
Verse urine bij aanvang emissiemeting	10/06/08	23/06/08
Verse drijfmest bij aanvang emissiemeting	10/06/08	23/06/08

3 Resultaten en Discussie

3.1 Dichtheden bij aanvang emissiemeting

Hoofddoel van de labproef was het vergelijken van de ammoniakemissies van de verschillende pakketten. Enkele andere, fysische en chemische eigenschappen van de pakketten zijn als verkennende waarnemingen meegenomen. Dit betreft eigenschappen die van belang kunnen zijn in relatie tot het management van de vrijloopstalbodem en in relatie tot de eventuele compostering daarin.

In de potten is voor aanvang van de ammoniakemissiemetingen per proefvariant steeds een gelijk volume bodempakket aangebracht. Het gewicht van dit aangebrachte bodempakket, uitgedrukt in kg/dm^3 , geeft een indicatie van de bulkdichtheid. De bulkdichtheid is een parameter die wellicht van invloed is op de verdamping en daarnaast misschien ook op de mate of snelheid waarmee urine er door kan stromen of infiltreren. Ook kan het van invloed zijn op de hoeveelheid feces die in het pakket opgeslagen kan worden voordat het pakket dichtslibt.

In het laboratorium is het soortelijk gewicht van de pakketten bepaald (bijlage 3). Uit het soortelijk gewicht van de pakketten en de bulkdichtheid van de pakketten is afgeleid welk deel (percentage) van het volume in de pakketten wordt ingenomen door lucht (vol% lucht). De hoeveelheid lucht in het pakket kan van belang zijn voor de compostering. Met nadruk vermelden we hier dat het een momentopname betreft. De luchtverversing hangt waarschijnlijk sterk samen met het volumepercentage lucht. De hoeveelheid lucht in het pakket en de luchtdoorlatendheid van de bodem kunnen door belasting (lopende en liggende koeien, opstapelning van urine en feces en machines zoals tractor met cultivator) in de stal afnemen.

De bodempakketten met grof zand en fijn zand hebben steeds dichtheden groter dan $1 \text{ kg}/\text{dm}^3$ (tabel 3). Door ophoping van meer feces (incl. vijzelpersmest) in zand (Medium versus Laag) neemt de dichtheid af. Door aandrukken van het bodempakket neemt de dichtheid van de organische bodempakketten aanzienlijk toe, tot wel een factor 2. In de meeste gevallen zijn de dichtheden in proef 2 vergelijkbaar met die in proef 1. In enkele gevallen zijn er substantiële verschillen. Die kunnen deels veroorzaakt worden door toeval, maar daarnaast ook door de heterogeniteit van de uitgangsmaterialen.

Tabel 3 Per pakket het bepaalde gewicht per dm^3 bij aanvang van de emissiemetingen in proef 1 en proef 2 en het volumepercentage van het pakket dat bestaat uit lucht

Pakket (incl. toegevoegde feces, urine en vijzelpersmest)	Feces toevoeging	Aangedrukt	Beh.	Proef 1 kg/dm^3	Proef 2 kg/dm^3	Proef 1 vol% lucht	Proef 2 vol% lucht
Grof zand	Laag	Nee	1	1,52	1,48	34	32
Grof zand	Medium	Nee	4	1,23	1,40	43	34
Fijn Zand	Laag	Nee	2	1,35	1,26	32	35
Fijn Zand	Medium	Nee	5	1,30	1,01	35	47
Rubber snippers	Laag	Nee	3	0,37	0,35	66	67
Rubber snippers	Medium	Nee	6	0,41	0,35	61	66
VZPmest*	Hoog	Nee	7	0,26	0,38	73	62
VZPmest	Hoog	Ja	11	0,54	0,55	44	46
VZPmest+zaagsel & hsn*	Hoog	Nee	8	0,23	0,37	72	59
VZPmest+zaagsel & hsn	Hoog	Ja	12	0,36	0,42	58	50
CompostVZPmest	Hoog	Nee	9	0,29	0,17	67	81
CompostVZPmest	Hoog	Ja	13	0,39	0,40	56	56
Bagger	Hoog	Nee	10	0,73	0,88	46	39
Bagger	Hoog	Ja	14	1,08	0,94	23	36

* VZPmest: vijzelpersmest

hsn: houtsnippers

vol% lucht= $100 \cdot (100 \cdot \text{bulkdichtheid} / \text{soortelijk gewicht})$

3.2 Ammoniakemissies

In de figuren 3 en 4 zijn de gemeten ammoniakemissies van respectievelijk de organische bodems en de anorganische bodems grafisch weergegeven. Van de anorganische bodems zijn alleen de resultaten van proef 2 weergegeven omdat de emissies van deze bodems in proef 1 na 24 uur en na 72 uur door technische problemen niet goed vastgesteld konden worden.

Bij de anorganische bodems (zanden en rubber) werden hogere emissies gemeten dan bij de organische bodems. Bij sommige bodempakketten was de cumulatieve emissie na 4 uur nog laag, terwijl die na 24 en 72 uur vrij hoog was. De emissies na 4 uur verschilden soms aanzienlijk tussen proef 1 en proef 2. Na 24 en 72 uur zijn de emissies van de organische bodems in proef 1 en 2 onderling veel consistentier.

De emissie van 'vijzelpersmest met zaagsel en houtsnippers' was na 4 uur zeer laag; na 24 en 72 uur is de emissie van de niet aangedrukte variant ook laag; die van de aangedrukte variant (met hoge dichtheid) neemt echter sterk toe.

De in de bodempakketten gemengde hoeveelheden verse urine, feces en vijzelpersmest verschillen enigszins tussen proef 1 en proef 2 maar ook binnen proeven, tussen bodempakketten met grote verschillen in dichtheden van uitgangsmaterialen (kg/m^3). Hierdoor kunnen verschillen in emissie ook deels verklaard worden.

De emissie van de bodempakketten op basis van bagger was steeds laag. Naast het uitgangsmateriaal 'bagger' kan hierbij ook een rol spelen dat een week tevoren qua gewichtsverhouding effectief minder urine, feces en vijzelpersmest er door gemengd is dan bij de andere organische uitgangsmaterialen die een lagere dichtheid (kg/m^3) bleken te hebben dan tevoren werd ingeschat. Verschillen kunnen ook ontstaan doordat gedurende de week voor de labproef uit sommige geprepareerde pakketten meer ammonium is vervluchtigd dan uit andere. De ammoniakemissie tijdens de labproef is grotendeels afkomstig uit de gedoseerde verse urine, maar deze voorgeschiedenis kan de onderlinge verschillen ook deels verklaren.

In ligboxenstallen (3 à 5 m^2 loopruimte per koe) worden urineplassen op stavloeren vaak al binnen een halve dag ververst door nieuwe verse plassen. In vrijloopstallen met een veel grotere oppervlakte (8 à 25 m^2 /koe) zal normaliter veel langer ammoniak uit een urinelozing emitteren voordat er op dezelfde plek een nieuwe plas terecht komt. De gemeten cumulatieve emissies na 24 en 72 uur zijn voor vrijloopstallen dus wel relevant.

Bij alle meetresultaten van deze labproef moet bedacht worden dat de bodempakketten in korte tijd en op een kunstmatige wijze zijn samengesteld. In de praktijk zal een urinelozing op een bodempakket van een week, een maand of meerdere maanden een verschillende emissie opleveren afhankelijk van mate van verdichting, omzettingen, compostering en vele andere factoren. De hier gemeten emissies kunnen derhalve niet zonder de nodige mitsen en maren geïnterpreteerd worden en doorvertaling naar een praktijkstal zal met de nodige voorzichtigheid moeten geschieden. Zo is bijvoorbeeld niet uit te sluiten dat een pakket waarbij in deze proef lage emissies zijn gevonden, in de praktijk na verloop van tijd dichtslaet en dan hoge emissies geeft.

In de labproef zijn alleen ammoniakemissies gemeten. Voor de milieu impact van vrijloopstallen zijn ook andere gasvormige emissies zoals die van methaan, lachgas, geur en fijnstof relevant. Tussen vrijloopstalbodems kunnen gasvormige emissies aanzienlijke verschillen. Binnen een type bodem kan veel variatie in de tijd ontstaan in de emissie van ammoniak en broeikasgassen door de mate waarin anaerobe en aerobe processen optreden, verdichting van de onderlaag op gaat treden door bewerking van de toplaag met machines etc. In vervolgonderzoek wordt vanwege de te verwachten variaties aanbevolen de uitstoot van deze gassen ook te monitoren in de tijd. Uiteindelijk moeten de milieueffecten in de hele kringloop bodem-gewas-dier-stal beschouwd worden.

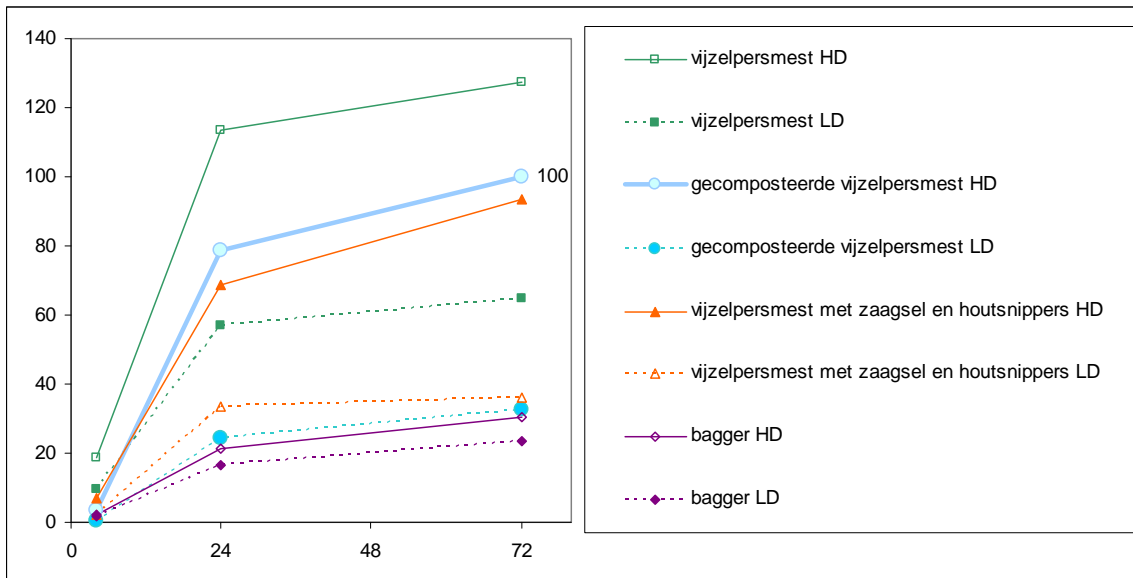
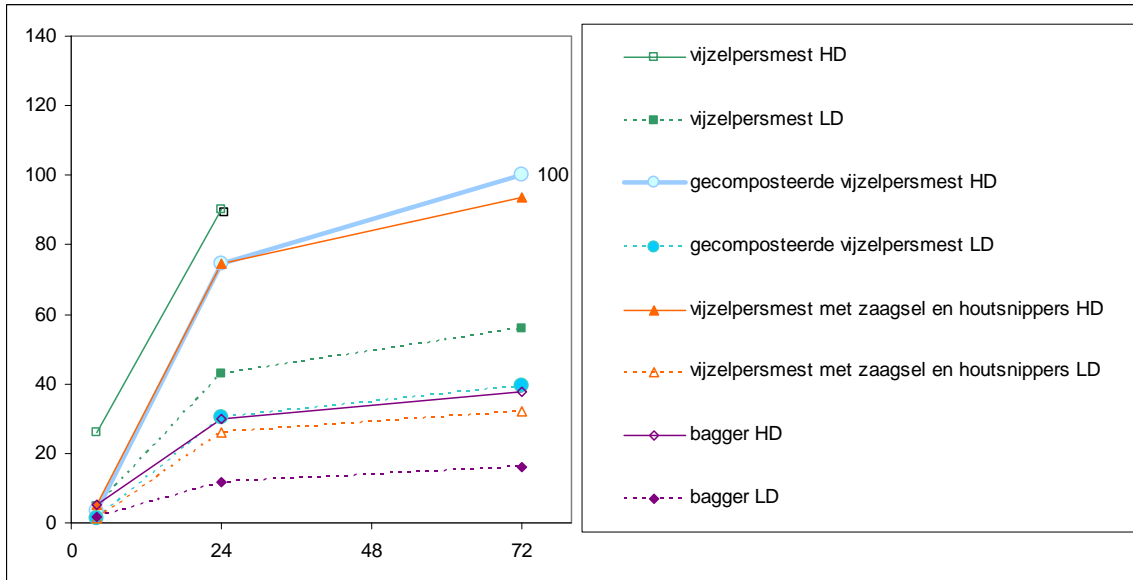
Figuur 3 Emissies van organische bodems na toediening van 75 ml urine; na 4, 24 en 72 uur; uitgedrukt in % van de cumulatieve emissie na 72 uur van aangedrukte (HD), gecomposteerde vijzelpersmest die op 100% is gesteld.

Boven: proef 1, daaronder staat proef 2 (herhaalde uitvoering van gehele proef).

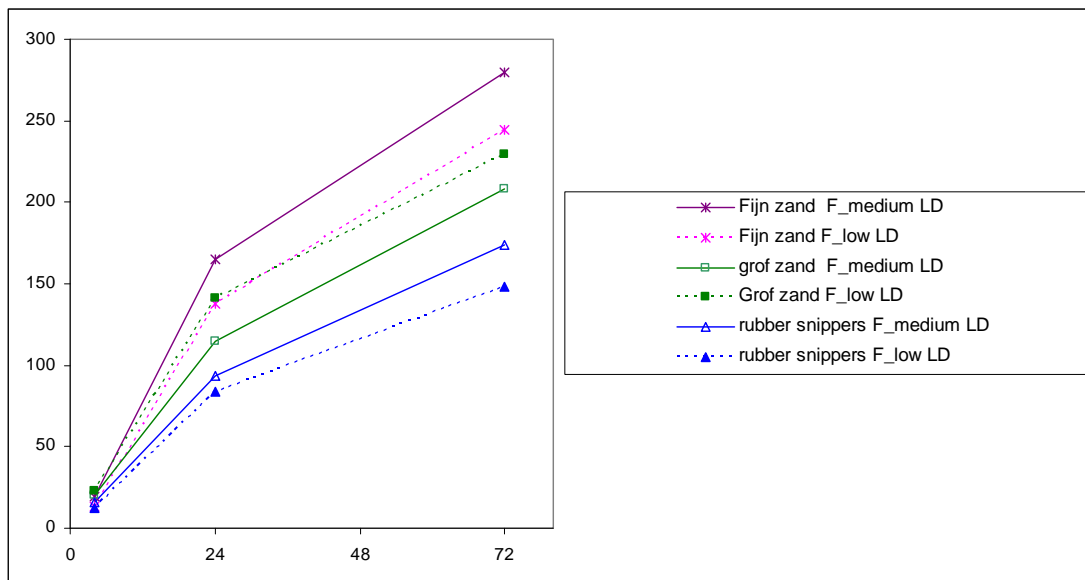
De emissie van de variant vijzelpersmest F_high HD in proef 1 is na 24 uur waarschijnlijk hoger geweest dan de weergegeven waarde en na 72 uur was dit buiten het meetbereik vanwege de achteraf te laag gekozen hoeveelheid en concentratie van het zuur in proef 1.

LD: lage dichtheid door niet aandrukken van het bodemmateriaal (stippellijntjes)

HD: hoge dichtheid door aandrukken van het bodemmateriaal (doorgetrokken lijnen)



Figuur 4 Emissies van anorganische bodems na toediening van 75 ml urine in proef 2; na 4, 24 en 72 uur; uitgedrukt in % van de totale emissie na 72 uur van aangedrukte (HD), gecomposteerde vijzelpersmest
 LD: lage dichtheid door niet aandrukken van het bodemmateriaal
 HD: hoge dichtheid door aandrukken van het bodemmateriaal
 F_low: lage fecesbevulling (als feces grotendeels worden verwijderd uit ligbed)
 F_medium: medium feces bevulling (als feces deels worden verwijderd uit ligbed)



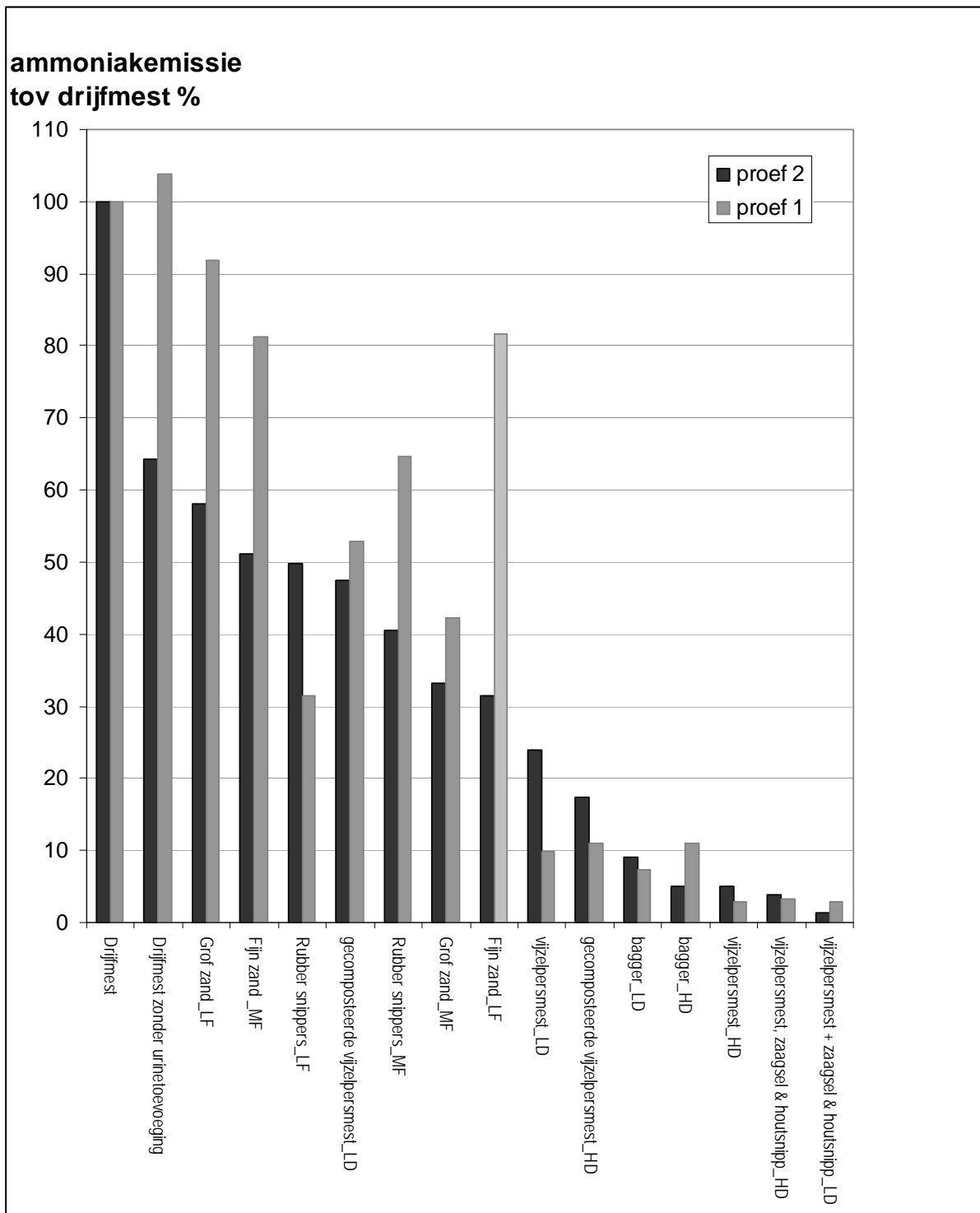
De resultaten in figuur 4 hebben betrekking op de anorganische bodems in proef 2 en kunnen dus het beste vergeleken worden met de organische bodems in proef 2 zoals weergegeven onderin figuur 3. De emissies van de anorganische bodems in proef 1 waren na 24 uur buiten het meetbereik door de te laag gekozen hoeveelheid en concentratie van het zuur in proef 1.

In figuur 5 zijn de emissies van alle bodems na 4 uur weergegeven; hier uitgedrukt als percentage van de emissie van drijfmest waaraan ook 75 ml verse urine is toegevoegd op t_0 . De emissie van deze drijfmest is hier dus op 100% gesteld.

Uit vergelijking van figuur 5 met de figuren 3 en 4 kunnen we afleiden dat bij sommige bodempakketten de cumulatieve emissie na 4 uur nog laag is, terwijl die na 24 en 72 uur vrij hoog is.

De emissies na 4 uur verschillen soms aanzienlijk tussen proef 1 en proef 2. Na 24 en 72 uur zijn de emissies van de organische bodems in proef 1 en 2 zoals weergegeven in figuur 3 veel consistentier.

Figuur 5 De emissies van alle bodems en drijfmesten na 4 uur; hier uitgedrukt als percentage van de emissie van drijfmest waaraan ook 75 ml verse urine is toegevoegd op t0. De emissie van deze drijfmest is hier dus op 100% gesteld.
 In proef 1 komt 100% overeen met 34 mg ammoniakstikstof cumulatief na 4 uur; in proef 2 komt 100% overeen met 51 mg ammoniakstikstof cumulatief na 4 uur.



4 Conclusies

- De ammoniakemissie als gevolg van een gesimuleerde urinelozing op een anorganische bodem was hoger dan op een organische bodem.
- Van de getoetste organische bodemmaterialen werd bij de baggervarianten de laagste emissies gemeten.
- Van de getoetste anorganische bodems gaven de rubbersnippers het gunstigste beeld m.b.t. ammoniakemissie.
- Een stevig aangedrukt bodempakket gaf een hogere ammoniakuitstoot dan wanneer het bodempakket los en rul was.
- Bij alle bodems kwam de meeste ammoniak gedurende de eerste 24 uur na de urinelozing vrij, daarna was de ammoniakemissie uit de organische bodems gering, terwijl deze bij de anorganische bodems nog substantieel aanhield.
- Bij sommige bodempakketten was de cumulatieve emissie na 4 uur nog laag, terwijl die na 24 en 72 uur vrij hoog was.
- Emissies na 4 uur verschilden soms aanzienlijk tussen proef 1 en proef 2.
- De emissie van 'vizelpersmest met zaagsel en houtsnippers' was na 4 uur zeer laag; na 24 en 72 uur emissie bleef de emissie van de niet aangedrukte variant laag, die van de aangedrukte variant (met hoge dichtheid) nam echter sterk toe.
- De laboratoriumproefresultaten zijn momentopnames van de bodempakketten. Binnen een type bodem kan veel variatie in de tijd ontstaan door de mate waarin anaerobe en aerobe afbraakprocessen optreden, verdichting van de onderlaag op gaat treden door bewerking van de toplaag met machines etc. De laboratoriumresultaten geven dus slechts een eerste indruk. In vervolgonderzoek wordt vanwege de te verwachten variaties aanbevolen naast de ammoniakemissie ook de uitstoot van broeikasgassen, fijnstof en geur te meten.

Literatuur

Derikx, P.J. L., A.J.A. Aarnink, P. Hoeksma and H.C. Willers, 1995. Vermindering van ammoniakemissie uit mest door een vloeibare afdeklaag. IMAG-DLO Rapport 95-8, Wageningen, 58 pp.

Huizenga, G., 2006. Zandsorten voor zandstal. Afstudeerverslag Van Hall Instituut, Leeuwarden, in opdracht van Praktijkonderzoek Veehouderij, praktijkcentrum Nij Bosma Zathe, 38 pp

Bijlagen

Bijlage 1 Gewichtshoeveelheden van bodemmaterialen en toegevoegde feces, urine en vijzelpersmest, per samengesteld pakket in proef 1

Variant	Dicht- heid	Pot	Urine (g)	Feces (g)	Verse Vzp-mest (g)	Verse Vzp-mest (g)	Compost mest (g)	Bagger (g)	Zaagsel (g)	Hout snippers (g)	Zand (g)	Rubber snippers (g)
Grof zand (metselzand uit de Noordzee)	normaal	1	702	210	918	0	0	0	0	0	20648	0
Fijn zand (woudzand Fr)	normaal	2	702	217	918	0	0	0	0	0	17660	0
Rubber snippers (zoals besteld)	normaal	3	702	218	918	0	0	0	0	0	0	5280
Grof zand	normaal	4	702	419	1125	0	0	0	0	0	20291	0
Fijn zand	normaal	5	702	416	1125	0	0	0	0	0	17349	0
Rubber snippers	normaal	6	702	426	1125	0	0	0	0	0	0	5100
Gedroogde mest (vijzelpers)	LD*	7	702	1058	1765	11540	0	0	0	0	0	0
Gedroogde mest (vijzelpers) met zaagsel en houtsnippers	LD	8	702	1068	1765	9800	0	0	881	237	0	0
Gecomposteerde mest	LD	9	702	1068	1765	0	9500	0	0	0	0	0
Bagger	LD	10	702	1073	1765	0	0	15640	0	0	0	0
Gedroogde mest (vijzelpers)	HD	11	702	1071	1765	12680	0	0	0	0	0	0
Gedroogde mest (vijzelpers) met zaagsel en houtsnippers	HD	12	702	1074	1765	10780	0	0	970	261	0	0
Gecomposteerde mest	HD	13	702	1058	1765	0	10440	0	0	0	0	0
Bagger	HD	14	702	1077	1765	0	0	16060	0	0	0	0

* LD: lage dichtheid doordat het na een week niet wordt aangedrukt in de labopstelling

HD: hoge dichtheid doordat het na een week wordt aangedrukt in de labopstelling

Vzp-mest: vijzelpersmest

Gewichtshoeveelheden van bodemmaterialen en toegevoegde feces, urine en vijzelpersmest, per samengesteld pakket in proef 2

Variant	Dicht- heid	Pot	Urine (g)	Feces (g)	Verse Vzp-mest (g)	Verse Vzp-mest (g)	Compost mest (g)	Bagger (g)	Zaagsel (g)	Hout snippers (g)	Zand (g)	Rubber snippers (g)
Grof zand (metselzand uit de Noordzee)	normaal	1	702	219	918	0	0	0	0	0	20560	0
Fijn zand (woudzand Fr)	normaal	2	702	219	918	0	0	0	0	0	17740	0
Rubber snippers (zoals besteld)	normaal	3	702	218	918	0	0	0	0	0	0	5480
Grof zand	normaal	4	702	420	1125	0	0	0	0	0	20360	0
Fijn zand	normaal	5	702	423	1125	0	0	0	0	0	17349	0
Rubber snippers	normaal	6	702	423	1125	0	0	0	0	0	0	5020
Gedroogde mest (vijzelpers)	LD*	7	702	1035	1765	11560	0	0	0	0	0	0
Gedroogde mest (vijzelpers) met zaagsel en houtsnippers	LD	8	702	1059	1765	9800	0	0	900	236	0	0
Gecomposteerde mest	LD	9	702	1189	1765		9480	0	0	0	0	0
Bagger	LD	10	702	1073	1765		0	14300	0	0	0	0
Gedroogde mest (vijzelpers)**	HD	11	481	732	1218	8742	0	0	0	0	0	0
Gedroogde mest (vijzelpers) met zaagsel en houtsnippers	HD	12	702	1046	1765	10820	0	0	980	260	0	0
Gecomposteerde mest	HD	13	702	1069	1765	0	6724	0	0	0	0	0
Bagger	HD	14	702	1053	1765	0		14920	0	0	0	0

* LD: lage dichtheid doordat het na een week niet wordt aangedrukt in de labopstelling
 HD: hoge dichtheid doordat het na een week wordt aangedrukt in de labopstelling
 Vzp-mest: vijzelpersmest

** vanwege onvoldoende voorraad vijzelpersmest zijn materialen voor pot 11 in zelfde proporties maar geringere absolute hoeveelheden gemeng

Bijlage 2 Analyseresultaten uitgangsmaterialen

Datum	Omschrijving	Drogestof g/kg	Sg kg/dm ³	Totaal-N g/kg	Ammonium-N g/kg	Totaal-P g/kg
03-06-2008	Bagger	648	1,50	3,15	< 0,10	0,88
03-06-2008	Verse VZPmest	295	0,982	5,91	1,39	1,37
03-06-2008	Gecomposteerde VZPmest	343	0,829	7,91	0,29	2,33
03-06-2008	Houtsnippers	669		3,30	< 0,10	0,45
03-06-2008	Zaagsel	919		0,59	< 0,10	< 0,1
03-06-2008	Verse feces	123	0,972	3,73	0,41	0,80
03-06-2008	Verse urine	38,8		7,19	6,46	.
10-06-2008	Drijfmest RDM*	115		4,86	2,03	0,86
10-06-2008	Verse urine	32,4		5,89	5,57	.
16-06-2008	Verse feces	132	0,977	4,19	0,48	1,00
16-06-2008	Verse urine	38,5		7,21	6,47	.
23-06-2008	Drijfmest RDM*	95,6		4,31	2,05	0,67
23-06-2008	Verse urine	45,9		7,18	6,76	.

Sg = soortelijk gewicht

VZPmest = vijzelpersmest

Cursieve cijfers: verschil tussen duplo bepaling in lab voldoet niet aan herhaalbaarheidseis, vermoedelijk door grote heterogeniteit van materiaal

Gebruikte analysemethode(n)

WI 4.25-104 destructie van dierlijke mest t.b.v. NPK-analyses

WI 4.25-105 De bepaling van ammoniumstikstof in destruatens verkregen volgens WI 4.25-104. Destillatie methode

WI 4.25-103 Bepaling van het gehalte aan opgelost ammoniumstikstof in dierlijke mest. Destillatie methode

WI 4.25-106 De bepaling van opgelost fosfaat in destruatens verkregen volgens WI 4.25-104. Fotometrische methode

WI 4.25-111 Bepaling van het gehalte aan droge stof in dierlijke mest. Gravimetrische methode

Soortelijk gewicht bepaling: soortelijk gewicht is afgeleid uit verschil tussen onderwater gewicht van een volume van 50 ml van het materiaal en het gewicht van hetzelfde volume gevuld met het materiaal voordat de open ruimtes in dit volume werden gevuld met water.

Bijlage 3 Analyseresultaten bodempakketten

Monster- datum	Code	Omschrijving basis	Mest toegevoegd	Aan- gedrukt	DS g/kg	Sg kg/dm ³	Totaal- N g/kg	Ammo- nium-N g/kg	Totaal- P g/kg
10-6	1	Grof zand	Beetje		903	2,31	0,33	< 0,10	0,13
10-6	2	Fijn zand	Beetje		866	1,99	0,38	< 0,10	0,10
10-6	3	Rubber snippers	Beetje		850	1,09	?	0,28	?
10-6	4	Grof zand	Veel		892	2,14	0,40	< 0,10	0,17
10-6	5	Fijn zand	Veel		861	2,01	0,48	0,10	0,12
10-6	6	Rubber snippers	Veel		846	1,06	?	0,31	?
10-6	7	Vijzelpersmest	Normaal	LD	336	0,972	6,54	0,91	1,74
10-6	8	Vijzelpers met zaagsel en houtsnippers	Normaal	LD	356	0,834	5,11	0,36	1,35
10-6	9	Gecomposteerde mest	Normaal	LD	337	0,889	8,24	0,37	2,41
10-6	10	Bagger	Normaal	LD	562	1,34	3,22	< 0,10	0,88
10-6	11	Vijzelpersmest;	Normaal	HD	317	0,96	6,44	0,75	1,59
10-6	12	Vijzelpers met zaagsel en houtsnippers	Normaal	HD	403 *	0,867	6,21	0,56	1,53
10-6	13	Gecomposteerde mest	Normaal	HD	355	0,895	8,86	0,57	2,54
10-6	14	Bagger	Normaal	HD	598	1,40	3,28	< 0,10	0,96
23-6	1	Grof zand	Beetje		930	2,18	0,36	< 0,10	0,18
23-6	2	Fijn zand	Beetje		865	1,95	0,58	0,12	0,16
23-6	3	Rubber snippers	Beetje		822	1,05	?	0,35	?
23-6	4	Grof zand	Veel		892	2,13	0,49	< 0,10	0,19
23-6	5	Fijn zand	Veel		836	1,92	0,59	0,13	0,16
23-6	6	Rubber snippers	Veel		805	1,04	?	0,33	?
23-6	7	Vijzelpersmest);	Normaal	LD	309	0,994	6,78	1,29	1,80
23-6	8	Vijzelpers met zaagsel en houtsnippers	Normaal	LD	343	0,892	5,76	0,39	1,54
23-6	9	Gecomposteerde mest	Normaal	LD	334	0,910	8,64	0,39	2,53
23-6	10	Bagger	Normaal	LD	589	1,45	3,06	< 0,10	0,94
23-6	11	Vijzelpersmest);	Normaal	HD	303	1,01	6,37	0,57	1,72
23-6	12	Vijzelpers met zaagsel en houtsnippers	Normaal	HD	382	0,833	6,42	0,91	1,66
23-6	13	Gecomposteerde mest	Normaal	HD	365	0,912	9,02	0,62	2,66
23-6	14	Bagger	Normaal	HD	599	1,46	2,86	0,18	0,89

Vetgedrukte cijfers: verschil tussen duplo bepaling in lab voldoet niet aan herhaalbaarheidseis (vermoedelijk door heterogeniteit van materiaal)
Vraagteken: bepaling kon niet uitgevoerd worden

Gebruikte analysemethode(n):

- WI 4.25-104 Destructie van dierlijke mest t.b.v. NPK-analyses
- WI 4.25-105 De bepaling van ammoniumstikstof in destruaten verkregen volgens WI 4.25-104. Destillatie methode
- WI 4.25-103 Bepaling van het gehalte aan opgelost ammoniumstikstof in dierlijke mest. Destillatie methode
- WI 4.25-106 De bepaling van opgelost fosfaat in destruaten verkregen volgens WI 4.25-104. Fotometrische methode
- WI 4.25-111 Bepaling van het gehalte aan droge stof in dierlijke mest. Gravimetrische methode

Soortelijk gewicht: soortelijk gewicht (sg) is afgeleid uit verschil tussen onderwater gewicht van een volume van 50 ml van het materiaal en het gewicht van hetzelfde volume gevuld met het materiaal voordat de open ruimte in dit volume werd gevuld met water.