



Stro als bedding voor vrijloopstallen

Een verkennende studie

G.J. Kasper
P.J. Galama



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN **UR**

Stro als bedding voor vrijloopstallen

Een verkennende studie

G.J. Kasper
P. Galama

Livestock Research van Wageningen UR

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Sustainable Livestock Husbandry' (project number BO-22.02-012-005)

Wageningen UR Livestock Research
Wageningen, mei 2016

Livestock Research Rapport 950

Kasper, G.J., P. Galama, 2016. *Stro als bedding voor vrijloopstallen; Een verkennende studie*. Wageningen Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 950, 33 blz.
Doi-nummer: <http://dx.doi.org/10.18174/386794>

Samenvatting NL

In deze studie is praktijkonderzoek in drie typen vrijloopstallen van melkvee met stro als bedding gerapporteerd. Ingegaan is op het stroverbruik en management van de bedding. Daarnaast geeft de verkennende studie weer wat de consequenties van de drie bodemprocessen absorberen/fermenteren, composteren en draineren (kunnen) zijn op broeikasgas- en NH₃-emisses, X-TAS- en andere schadelijke bacteriën. Het belang van goed op elkaar aansluitende processen in de schakels stal, opslag en aanwending wordt aangegeven met aanbevelingen voor toekomstig onderzoek.

© 2015 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

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

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



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

Inhoud

Inhoud	3
Woord vooraf	5
Samenvatting	6
1 Inleiding	8
2 Verschillen in management tussen potstal, heuvelstal en vrijloopstal	9
2.1 Potstal en heuvelstal	9
2.2 Vrijloopstal	10
2.2.1 Processen absorberen/fermenteren, composteren en draineren	10
2.2.2 Praktijkonderzoek Nederland en VS	10
3 Dierenwelzijn en diergezondheid	13
3.1 Dierenwelzijn	13
3.2 Diergezondheid	14
4 Mestsamenstelling, N-verliezen en N-opname	15
4.1 Mestsamenstelling	15
4.2 Stikstofverliezen in stal en tijdens opslag	16
4.3 Opname van de toegediende meststikstof door de plant	17
5 Emissies van ammoniak en broeikasgassen uit stal en mestopslag	19
5.1 Ammoniakemissies uit stal en mestopslag	19
5.2 Broeikasgasemissies uit stal en mestopslag	20
6 Risico's melkkwaliteit	21
7 Discussie	22
7.1 Bodemkeuze en bodembeheer	22
7.2 Ketenbenadering	23
8 Leerpunten, aanbevelingen en opties	24
8.1 Leerpunten uit verleden en heden	24
8.2 Aanbevelingen	24
8.3 Opties	26
Literatuur	28

Woord vooraf

De behoefte aan een literatuurstudie naar stro in vrijloopstallen is ontstaan vanuit de zoektocht naar nieuwe bodemmateriële in vrijloopstallen. Van de circa vijftig vrijloopstallen die momenteel (2015) in Nederland gebouwd zijn, is de schatting dat er ca. de helft houtsnippers composteert en de andere helft ander organisch materiaal gebruikt. Compost van een composteringsbedrijf werd veel gebruikt als bodemmateriaal. Echter, het gebruik van compost wordt door de zuivelindustrie sterk afgeraden in zowel vrijloopstallen als ligboxstallen en is door Friesland Campina per 1 januari 2015 verboden voor leden die melk leveren. Dat heeft te maken met het hoge aandeel sporen van Thermoresistente Aerobe Sporenvormende bacteriën (TAS) in zowel de bedding als de melk. De extreem hittebestendige variant hiervan, de zogenaamde XTAS, zijn een risico voor de melkwaliteit, omdat bepaalde geëvaporeerde zuivelproducten eerder kunnen bederven als de waarden te hoog zijn. Omdat compost verboden wordt zijn enkele melkveehouders met een vrijloopstal in 2014 al overgestapt op alternatieve bodemmateriële, zoals riet, natuurhooi en stro. Er is vooral veel vraag naar het perspectief van stro, omdat dit een bekend product is wat veel gebruikt is in potstallen of hellingstallen. De kennis en ervaringen uit het verleden met het gebruik van stro worden daarom in dit rapport op een rij gezet. De uitdaging is om eventuele risico's uit het verleden in relatie tot diergezondheid of milieu en eventuele risico's rond XTAS te beperken. Daarvoor worden aanbevelingen gedaan voor nader onderzoek in bedrijfsverband naar gebruik van stro in vrijloopstallen.

De potstallen met stro zijn ook stallen zonder ligboxen en kunnen daarom ook als een vrijloopstal gezien worden. Echter, bij vrijloopstallen is er meer ruimte per dier beschikbaar, namelijk ca. 15 m² per koe ligruimte ten opzichte van ca. 7 tot 8 m² per koe in een potstal. Bovendien wordt het bodemmateriaal in het algemeen bewerkt in een vrijloopstal, om de toplaag schoon te houden, om actief vocht te verdampen en om het N-verlies te beperken. Dat gebeurt middels composteren. Daarnaast kan gedacht worden aan absorberen / fermenteren van stro of een strolaag aanbrengen op een drainerende onderlaag. Dit rapport geeft inzicht in het gebruik van stro in potstallen uit het verleden en geeft voorlopige aanbevelingen voor het management van bodems met stro in drie typen vrijloopstallen, gebaseerd op enkele ervaringen in Nederland.

Paul Galama
Projectleider vrijloopstallen

Samenvatting

Melkveehouders met vrijloopstallen zijn op zoek naar materialen die een positieve bijdrage kunnen leveren aan de bodem van de stal. Stro is zo'n materiaal. Het is een bekend product in pot-, grup- en ligboxenstallen. Het voldoet aan een aantal belangrijke voorwaarden, zoals een natuurlijk product, verwachte lage waarde voor (X)TAS, voldoende draagkracht, goed absorptievermogen en hoge C/N-verhouding. Bovendien valt stro niet onder de mestwet.

Het doel van dit rapport is het perspectief van stro voor een vrijloopstal te schetsen met het oog op beter dierenwelzijn, diergezondheid, mestkwaliteit en beperking van emissies van ammoniak en broeikasgassen en geen risico's voor melkkwaliteit. Dit perspectief is verkregen door informatie van twee praktijkbedrijven die al een jaar ervaring hebben opgedaan en vanuit een verkennende studie.

De twee praktijkbedrijven, waarvan de één 80 en de ander 200 melkkoeien heeft, verschiden in bedrijfsvoering en management van de stalbodem. Het verschil in bedrijfsvoering kwam tot uiting in het wel of niet toepassen van beweiding, automatisch voeren en automatisch melken. In de winter werd op beide bedrijven minimaal 6 kg stro per dier per dag gestrooid om de stalbodem droog te houden. In de zomer werd geen stro toegediend. Verder werd de bovenste 10-15 cm elke dag minimaal een keer met een frees of cultivator bewerkt. Het welzijn en de gezondheid van de koeien op deze bedrijven was goed, afgaand op het aantal zieke dieren en tankcelgetallen. In de stallen is geen onderzoek verricht naar NH₃-emissie en totaal N-verliezen.

In de verkennende literatuurstudie is aandacht besteed aan stalsystemen met melkvee waarbij ook stro werd gebruikt. Het gaat om de pot-, heuvel- en vrijloopstal. De resultaten van deze studie zijn voor deze staltypen weergegeven. De potstal is overwegend anaëroob, heeft weinig oppervlakte per koe nodig (6 – 8 m² ligbed) en vraagt veel stroverbruik, bereikt 35°C in een dun aëroob ligbed en bevat instabiele mest met veel vocht. Voordeel is dat het alleen arbeid kost voor instrooien. Nadelen zijn de hogere strokosten, grotere kans op sporevorming van boterzuurbacteriën en mogelijk andere schadelijke bacteriën dan de vrijloopstal. Het kan problemen opleveren bij de kaasbereiding doordat sporen van boterzuurbacteriën het 'laat los' effect in kaas kunnen veroorzaken. Verder ontstaan door fermentatie/ rotting ongewenste emissies van N₂O en CH₄ (sterke broeikasgassen). De ammoniakemissie in de stal was ca. 50% hoger dan in een ligboxenstal. De ammoniakemissie tijdens opslag buiten de stal was ook aanzienlijk.

De heuvelstal vraagt 25% minder stroverbruik dan de potstal. Het stro wordt in het warme ligbed (50°C) eerst aëroob en daarna anaëroob afgebroken; de heuvelstal geeft stabielere mest met minder vocht en een kleine kans op nacompostering bij het uitmesten (Smeding en Langhout, 2006). Het instrooien kan gemechaniseerd worden. Voordelen zijn een droge ligplek voor de dieren en een snelle afvoer van stromest en urine, die daardoor tijdens de opslag te behandelen is naar keus: opslaan met of zonder afdekken, composteren of fermenteren. De NH₃-emissies lijken beheersbaar bij dagelijkse afvoer van mest.

De vrijloopstal met veel oppervlakte per koe (ca. 15 m² ligbed) kenmerkt zich – zoals hiervoor genoemd – door een bodem die globaal is opgebouwd uit een anaërobe onderste laag en een aërobe bovenste laag. Het beste management voor een schoon en droog ligbed is minimaal één keer per dag de bovenlaag van de bodem bewerken met frees/cultivator. De NH₃-emissie, broeikasgasemissies en N-verliezen in de stal en voor de keten stal, opslag en aanwending mest, benutting door de plant zijn nog beperkt onderzocht met opvallende resultaten (Shah, 2013; Viaene et al., 2015). Onderzoek naar deze emissies in bepaalde types vrijloopstallen met bijbehorende opslagmethoden buiten de stal – zoals composteren, wel of niet afdekken aan de bovenkant en (anaëroob) inkuilen – zijn gewenst.

Opties voor nieuw te starten onderzoek over toepassingsmogelijkheden van stro en het management in vrijloopstallen met bijbehorende opslag- en aanwendingssystemen zijn in onderstaande tabel samengevat. Het gaat om drie typen vrijloopstallen, die elk op eigen wijze vocht afvoeren of

opnemen. Het gaat om absorberen van vocht in een bodem die fermenteert (anaërobe omstandigheden), verdampen van vocht door actief composteren (aerobe) van stro en vocht afvoeren via een dunne laag stro op een drainerende onderlaag. Dit zijn de drie principes hoe stro in de stal gebruikt kan worden, daarnaast zijn er vier mogelijkheden voor opslag van het materiaal gemengd met mest buiten de stal die daarna bovengronds aangewend kan worden op het land.

Onderzoekthema's bij drie typen vrijloopstallen met stro

proces	stal	opslag	aanwending
absorberen/ fermenteren	- potstal (6-8 m ² /koe) - vrijloopstal (15 m ² /koe)	- zonder afdak - met afdak - fermenteren - composteren	4 soorten stapelbare stromest, bovengronds aanwenden
composteren	- vrijloopstal met beluchting	- zonder afdak - met afdak - fermenteren - nacomposteren	4 soorten stapelbare stromest, bovengronds aanwenden
draineren	- vrijloopstal met drainage van urine m.b.v. zand- en strolaag	- zonder afdak - met afdak - fermenteren - composteren	urine emissiearm aanwenden + 4 soorten stapelbare stromest, bovengronds aanwenden

In onderstaande tabel zijn voor elk onderzoekthema (stal, opslag en aanwending) de innovatiepunten voor nader onderzoek aangegeven. Het gaat om het beheersen van de processen in de hele keten, waarbij eventueel een toevoegmiddel kan dienen voor een betere vochtopname of binding van ammoniak.

Innovatiepunten per thema

keten	absorberen / fermenteren	composteren	draineren	
Stal				
Stroform (lang, gehakseld, gemalen) en strogebruik (hoeveelheid / koe)	x	x	x	
toevoegmiddel	x	x	x	
Beheersen composteringsproces		x		
Beheersen fermentatieproces	x			
Stro verwijderen			x	
	zonder dak	met dak	fermenteren	composteren
Opslag				
Percolaat-opvang	x	x	x	x
Onder composteringsdoek				x
composteringstrommel				x
Onder plastic (= fermenteren)			x	
	urine emissievrij uitrijden	soorten stapelbare stromest		
Aanwending				
Aanwendingsmethode (bovengronds of direct onderwerken)	x	x		
Aanwendingstijdstip (morgen/middag/avond)	x	x		
Aanwendingsperiode (voorjaar/zomer/winter)	x	x		
kunstmestvervanger	x			

1 Inleiding

Van stro in een potstal naar stro in een vrijloopstal

Stro wordt al lang gebruikt in stalsystemen van dieren in de melkveehouderij, voor potstal, grupstal en ligboxenstal. Bij het te nat worden van de ligplaats wordt een laag vers stro over de bestaande bodem van stro, mest en urine gestrooid, zodat de dieren weer droog kunnen gaan liggen. Stro is een natuurlijk bijproduct van de graanteelt. Het is daarom een schoon product.

Veehouders met vrijloopstallen zijn op zoek naar een geschikt bodemmateriaal nadat vanaf 1 januari 2015 compost verboden werd. Ze zoeken daarnaast ook naar een alternatief voor houtsnippers die voor een goede compostering een actief beluchtingssysteem in de bodem vereist. Er is bij enkele vrijloopstallen al ervaring opgedaan met strogebruik. Stro heeft een hoog vochthoudend vermogen - het houdt driemaal zoveel vocht vast als haar eigen gewicht - en geeft het dier een droog en zacht ligbed.

Er zijn ervaringen met stro in potstallen en heuvelstallen, die kunnen worden gebruikt voor aanbevelingen van het gebruik van stro in een vrijloopstal. In een potstal wordt minder bodemoppervlakte per dier gebruikt en moet daarom meer stro per dier worden gegeven. Bovendien wordt de toplaag in een vrijloopstal met stro vaak bewerkt met een frees, waardoor er een aërobe bovenlaag ontstaat. Bij het managen van een stal met stro kan onderscheid gemaakt worden tussen wel of niet bewerken van de toplaag, wel of niet beluchten van de bedding en stro op een drainerende onderlaag. Het verschil in management van de stallen kan effect hebben op dierenwelzijn, melkqualiteit, diergezondheid (met name uiergezondheid) en milieu.

Doelstelling

Het doel van dit rapport is het perspectief van stro voor een vrijloopstal te schetsen met een beter dierenwelzijn, diergezondheid, mestkwaliteit, acceptabele emissie van ammoniak en broeikasgassen en geen risico's voor melkqualiteit.

2 Verschillen in management tussen potstal, heuvelstal en vrijloopstal

In dit hoofdstuk zullen de verschillen aan de orde komen tussen de bekende staltypen potstal en heuvelstal, maar ook de vrijloopstal. In alle drie stallen wordt stro als bedding gebruikt, echter met een verschil in management van stro toedienen en bewerken. De hoeveelheid stro per koe per dag verschilt eveneens.

De verschillen betekenen dat de processen fermenteren, absorberen, composteren en een mix van absorberen en composteren kunnen optreden. Op deze processen is dieper ingegaan in Szanto (2009) en het recent verschenen rapport Bodembeoordelaar (Kasper & Galama, 2015). Daarnaast is het proces draineren in dit hoofdstuk besproken.

2.1 Potstal en heuvelstal

Stro wordt gebruikt in verschillende staltypen zonder ligboxen. In het verleden is veel ervaring opgedaan met de potstal en de heuvelstal. De potstal heeft een vlak ligbed en de heuvelstal – ook wel hellingstal genoemd – heeft in het midden van de stal een heuvel, die met een helling naar beide kanten van de stal afloopt. De kenmerken van beide stallen staan vermeld in tabel 1 (Smeding en Langhout, 2006).

Tabel 1

Kenmerken van potstal en heuvelstal

kenmerk	potstal	heuvelstal
Kg stro/dier/dag	10-12	7,5-9,0
Temperatuur in ligbed (°C)	35-40	ruim 50
Laagdikte aërobe vertering ligbed	dunner	dikker
Hoeveelheid vocht in ligbed	groter	kleiner
Stabiliteit stalmest	minder	meer
Kans op na-compostering bij uitmesten	groot	klein

Uit tabel 1 blijkt dat een heuvelstal 25% minder stro verbruikt dan een potstal. Verder blijkt de hoeveelheid vocht in de potstal groter is dan in de heuvelstal. In de heuvelstal loopt het vocht van de helling naar beneden waarbij het wordt afgevoerd, terwijl dat in de potstal niet gebeurt. Het verschil in vochtgehalte tussen beide staltypen is een belangrijke parameter die grotendeels het verschil in de overige kenmerken tussen beide stallen verklaart: de temperatuur in het ligbed, de laagdikte van de aërobe vertering, de stabiliteit van de stalmest en de kans op na-compostering.

Een goede compostering van strobodems vereist een temperatuur van 50-55°C (Smeding en Langhout, 2006; Barberg et al., 2007a). De heuvelstal bereikt dit optimale temperatuurtraject wel op de top van de heuvel en de bovenste delen van de helling, maar de potstal niet. In de heuvelstal wordt daarom via het aërobe proces al veel organische stof (koolstof breekt niet af) afgebroken, waardoor de stalmest al relatief stabiel is wanneer het afgevoerd wordt (Smeding en Langhout, 2006). In de potstal is de stromestlaag dun en het aërobe proces gering. De relatief lage temperatuur en het relatief hoge vochtgehalte werken conservering (verzuring) in de hand. Onvoldoende afbraak van koolstof geeft een niet-stabiele mest.

2.2 Vrijloopstal

2.2.1 Processen absorberen/fermenteren, composteren en draineren

In de vrijloopstal kan het vocht via drie principes verwijderd of geabsorbeerd worden, namelijk vocht absorberen in een ligbed met stro dat fermenteert, vocht verdampen door actieve compostering en vocht afvoeren via een drainerende onderlaag. De geschiktheid van een materiaal voor composteren hangt af van de C/N-verhouding, de respiratiesnelheid en de porositeit. De geschiktheid voor absorberen is gebaseerd op de porositeit en de materiaalbehoefte (Szanto et al., 2015). De materiaalbehoefte wordt bepaald door het vochtopnamevermogen van een bodemmateriaal en de zogenaamde retentietijd (Szanto et al., 2015). Wanneer het materiaal geheel verzadigd is wordt ervan uitgegaan dat dit materiaal vervangen wordt. De periode tussen het instrooien van het nieuwe materiaal totdat vervanging nodig is, wordt verblijftijd of retentietijd van het materiaal genoemd. Fermenteren of inkuilen kan beschouwd worden als een gecontroleerd bewaarproces onder anaërobe omstandigheden. De gefermenteerde mest wordt voorverteerd met een geringe afbraak aan organische stof (Viaene et al., 2015).

Strogebruik in een vrijloopstal veronderstelt een verschil in management voor de zomer- en winterperiode. Het goede klimaat in de zomer (hogere temperaturen en lagere luchtvochtigheid) en het dagelijks frezen van de bovenlaag (ca. 20 cm) leidt tot voldoende verdamping van het geproduceerde vocht uit urine en mest in het gehele strobod. In de winterperiode zal niet voldoende vocht kunnen verdampen, omdat de zonkracht laag, de luchtvochtigheid hoog en de temperaturen laag zijn. Het gevolg is dat het vocht ophoopt (geabsorbeerd wordt) in het stropakket. Dit verschil in management vereist vrijwel geen strotoevoeging in de zomer tot ca. 6 kg/dier/dag strotoevoeging in de winter. In de zomer zal de bodem hoofdzakelijk composteren, in de winter vindt hoofdzakelijk absorberen en mogelijk fermenteren plaats. De vraag is echter of er niet bewuster omgegaan moet worden met de processen van fermenteren of composteren zowel in de stal als bij opslag. Het composteringsproces zou extra ondersteund kunnen worden met een actief beluchtingssysteem via de onderlaag en bewerken van de toplaag.

Een verdere verdieping van de processen absorberen en composteren is beschreven in de rapporten van Viaene et al., (2015) en Kasper & Galama (2015) en fermenteren in Viaene et al., (2015). Het proces draineren staat beschreven op de websites:

www.vrijloopstallen.nl/documenten/Perspectief_vrijloopstallen_melkvee.pdf (pagina's 40 en 41).

2.2.2 Praktijkonderzoek Nederland en VS

In Nederland is ervaring opgedaan met stro bij twee melkveebedrijven met een vrijloopstal. Het betreft Marc Havermans te Moerdijk en Jan Veenhouwer te Spanga.

Vrijloopstal Havermans

Havermans gebruikte eerder GFT-compost als vrijloopbodem. Hij noemt de volgende redenen voor zijn overgang naar tarwestro:

- verwachte lage waarde voor X(TAS)
- tarwestro is ruim voorradig
- valt niet onder de meststoffenwet
- betere draagkracht dan compost
- mooi aanzicht (gele kleur)
- Hoge C/N-verhouding (60-80) dat gunstig is voor composteren
- Laag verbruik per koe, dus minder opslag en werk
- Goed absorptievermogen: drogestofgehalte van de bedding kan dalen van 90% ds naar 30% ds

Havermans heeft stro gebruikt in zijn serrestal met 200 melkkoeien van 1 oktober 2013 tot 28 september 2014. De koeien waren jaarrond in de stal. De beddingoppervlakte was ca. 20 m²/dier. Hij gebruikte 6 kg stro per koe per dag in de winterperiode (1 oktober tot 1 april 2014 en geen stro in de zomerperiode). In de winter werd elke dag een nieuwe laag stro geklepeld en gestrooid. Dit betekent dat in deze periode de strolaag dikker werd (ca. 40 tot 50 cm). Dit was het gevolg van het strogebruik en de toevoeging van uitgescheiden mest. Door niet-ideale klimaatomstandigheden in de winter zijn

de belangrijkste factoren voor verdamping suboptimaal, waardoor een belangrijk deel van het vocht uit de mest niet afgevoerd kan worden. De zonkracht is onvoldoende, de gemiddelde temperatuur is laag en de luchtvochtigheid is hoog. In het voorjaar en zomer verandert het klimaat in positieve zin. Het gehele jaar werd elke dag de bovenlaag van ca. 10 cm gefreesd. In de zomer werd als extra een triltandcultivator ingezet met 4 extra woelpoten die tot 25 cm het strobed bewerken. De ondergrens van de draagkracht van de strobedem is ca. 30% ds (Havermans, 2014). De bewerkte bovenlaag bereikte een hoog drogestofgehalte (50 tot 60%) in de zomermaanden (juni, juli en augustus).

Vrijloopstal Veenhouwer

Melkveehouder Veenhouwer te Spanga heeft ook stro gebruikt voor zijn serrestal met ca. 80 melkkoeien. De beddingoppervlakte was ca. 12 m²/dier. In de winter (1 november tot 1 april) waren de dieren op stal, terwijl ze in de zomer 4-8 uur weiden (april tot begin juni en september tot 1 november) of 24 uur weiden (juni t/m augustus).

In de winterperiode werd 7 kg gehakseld stro/dier/dag toegediend. In de zomer werd geen stro toegediend. In de winter werd de bovenlaag van de bodem (ca. 10-15 cm) tweemaal per dag na het melken bewerkt met een rotorkop. Dit was nodig om de mestflatten in te werken in de bedding. In het voorjaar en najaar werd de frequentie van bewerken afgestemd op de hoeveelheid mestflatten die aanwezig waren. In de zomer werd de bodem niet bewerkt. De draagkracht van de strolaag van ca. 40 cm wordt sterk bepaald door het drogestofgehalte. Eind maart 2013 was de draagkracht zodanig dat de koeien 'door de bodem heen zakten'. Uit analyses van het bodemmateriaal bleek dat het drogestofgehalte 26% was. Aan het einde van de winter 2014 bleken de dieren nog goed te kunnen lopen op een bodem met 35% ds. De conclusie is dan ook dat ca. 30% ds de ondergrens van de draagkracht van de strobedding is (Veenhouwer, 2014).

Vrijloopstal Verboom

Maatschap Verboom te Zegveld wil een stal ontwikkelen waarbij de bodem uit een dunne laag stro en een drainerende zandlaag met zand bestaat (Verboom, 2015). Het betreft de volgende lagen:

- Plastic onderlaag
- Drainagebuizen
- 30 cm puinlaag 20-40mm
- Filterdoek
- 30 cm zandlaag 0-0,4 mm
- Stro 50 g/m²
- Volledige bodem onder een hoek van 5 graden

Deze bodemsamenstelling draineert goed en naar verwachting ook op langere termijn. De urine zakt snel weg en de zandlaag houdt een goed vochtgehalte voor een goede beloopbaarheid. Grof zand draineert goed, maar is slecht beloopbaar voor de koeien. De toplaag met stro zorgt enerzijds voor draagkracht, zodat de bodem goed beloopbaar is, en zorgt er anderzijds voor dat de feces niet in het zand terecht komt. De scheiding van mest levert stapelbare mest en urine op. De bodem kan aangelegd worden als vrijloopbodem in één grote ruimte of in 'ligeilanden' met een breedte van ca. 3 meter, eigenlijk zoals in een ligboxenstal maar dan zonder ligboxen. De bodem dient, in het geval van 'ligeilanden' onder een hoek van 5 graden te worden gelegd. Dit heeft een positief effect op het welzijn en liggedrag van de koe. Omdat de scheiding van vaste mest en urine snel verloopt, betekent dit dat de emissiefactor van ammoniak van deze bodem gelijk of zelfs lager is – doordat de urine van de stalbodem sneller wegzakt – dan die bij beweiding. Het inbrengen van stro en het verwijderen van de vaste mest zal gebeuren met een zelfzoekende scheidingsmachine ofwel een mestrobot.

Praktijkervaringen Verenigde Staten

Strogebruik op boerderijschaal in vrijloopstallen in de Verenigde Staten (= VS) is niet te vinden in de literatuur. Wel hebben een paar experts vanuit Argentinië en de VS hun mening gegeven (Booher, Bewley, Wicks, Taraba) via e-mail. Zij melden dat zonder hakselen problemen ontstaan door het wikkelen van het materiaal in de machines die gebruikt worden voor het beluchten van de bovenlaag. Een bijkomend effect is dat het bewerkte materiaal zich niet homogeen mengde, met negatieve gevolgen voor een goede compostering. De vraag is gesteld of de waslaag van het stro voor bepaalde bacteriën die lignine of cellulose moeten afbreken, geen belemmering is. Daarom worden ideeën geopperd om het stro te hakselen of het stro te kneuzen. Hakselen betekent dat stro in kleine

complete stukken gesneden wordt, kneuzen betekent dat het stro aan het buitenoppervlak beschadigd wordt. De wateropname en waterafgifte zou bij het kneuzen hoger zijn. Ook is hun mening dat de draagkracht van stro bij een drogestofgehalte van minimaal 45% goed is. Bij een drogestofgehalte van maximaal 35% is de draagkracht te laag voor melkvee, zeker in vergelijking met zaagsel. Zaagsel kan bij dit vochtgehalte in tegenstelling tot stro nog wel duidelijk weerstand bieden tegen verdichting en ook de porositeit handhaven. Wellicht is een bodem met een combinatie van stro en zaagsel een optie om de draagkracht te verhogen.

Economische vergelijking van staltypen in Nederland

Omdat het drogestof gehalte van de bodem bepalend is voor het bijstrooien, wordt in de winter wel bijgestrooid maar in de zomer vrijwel geen stro gebruikt. In tabel 2 is het stroverbruik vergeleken met het verbruik van houtsnippers. De kosten van bodemmaterialen zijn ook berekend per kg geproduceerde melk, waarbij uitgegaan is van 8.000 kg melk/dier/jaar.

Tabel 2

Vergelijking verbruik bodemmaterialen vrijloopstal

type bodemmateriaal	verbruik t / dierpl. / jr	prijs € / ton	gem. kosten € / dierpl. / jr	bron:
Houtsnippers in vrijloopstal	2,8	17,5	49	Kasper & Galama, 2015
Stro in vrijloopstal met aërobe bovenlaag in stal	0,94	105	98	Kasper & Galama, 2015
Potstal*	2	105	210	KWIN
Hellingstal*	1,5	105	157	KWIN

* met onbeperkte weidegang

Het jaarverbruik in ton product/dier/jaar is bij houtsnippers driemaal zo hoog als bij stro. Echter, de gemiddelde kosten zijn de helft van de kosten bij strogebruik. De kosten van stroverbruik in de hellingstal en de potstal zijn zelf driemaal en viermaal hoger dan die bij gebruik van houtsnippers. Daarentegen is de oppervlakte per dier hoger in een vrijloopstal met houtsnippers, wat hogere stalkosten geeft.

3 Dierenwelzijn en diergezondheid

3.1 Dierenwelzijn

In een recent Nederlands onderzoek worden 6 paramaters genoemd die het welzijn van melkkoeien karakteriseren (Ouweltjes en Smolders, 2014):

1. benodigde tijd om te gaan liggen
2. hygiëne van de uier, de flanken en de poten
3. lichaamsconditiescore (BCS)
4. veranderingen in huid (haaruitval, laesies), zwellingen
5. exterieur van de klauw
6. Motoriek
7. sociaal gedrag

ad 1

De benodigde tijd om te gaan liggen bleek in de vrijloopstal gemiddeld minder dan 5 seconden te zijn. Dat is sneller dan de gemiddelde tijd van 5,2 seconden die gezien wordt als de maximaal gemiddelde duur die nodig is om onder ongestoorde omstandigheden te gaan liggen (Welfare Quality®, 2009). Ook is het nogal sneller dan de duur die nodig is om te gaan liggen in ligboxen (5,5 tot 9 seconden). Het is echter minder snel dan de benodigde tijd voor het gaan liggen in een potstal. Een goed verklaarbare reden is dat dieren in een vrijloopstal met dagelijkse bewerkingen van de toplaa, een zachtere bodem hebben waardoor het meer tijd kost om de poten uit de toplaa te trekken voordat de dieren gaan liggen.

Ad 2

Onderzocht zijn bedrijven met een ligboxenstal, een potstal en een vrijloopstal. De variaties van de scores voor uier, achterpoten en achterhand bleken bij de drie bedrijfstypen groot te zijn. Dit heeft niet zo zeer te maken met het bedrijfstype zelf, maar meer met het management bij de bedrijfstypen, zoals: de hoeveelheid en de frequentie van stro-aanvoer in een potstal, de frequentie en methode van het open houden van de bovenlaag van de bodem in een vrijloopstal, en de afmetingen van de ligboxen en boxafscheidings in ligboxenstallen. De algemene conclusie is dat de waarnemingen laten zien dat het mogelijk is de dieren voldoende schoon te houden in een vrijloopstal.

Ad 3

In het algemeen bleek de BCS gelijk te zijn aan die van ligboxen- en potstallen. Afwijkende scores worden vaak veroorzaakt door rasverschillen van de melkkoeien (typisch melkras of dubbeldoelras) of voedingsregime.

Ad 4

De uitwendige veranderingen – haarloze plekken, letsels en zwellingen – werden beoordeeld op verschillende lichaamsdelen afzonderlijk: spronggewricht, carpus, achterhand, nek / schouder / rug en lichaamsflank volgens het Welfare Quality ® protocol. De vrijloopstal bleek in vergelijking met de twee andere staltypes lage scores te hebben voor vooral het spronggewicht, carpus, achterhand en lichaamsflanken. Dit was ook verwacht.

Ad 5

De beoordeling is onder andere gericht op de vergelijking van de lengte van de binnenste en buitenste klauwen, de klauwhoek en het contact klauw en vloer. Hierbij wordt een voor- en achterpoot van het dier beoordeeld. Wanneer het dier niet voldoet aan twee of meer criteria, dan krijgt het dier score 1, anders score 0. Dit betekent dat lage scores corresponderen met een goede klauwgezondheid en omgekeerd hoge scores met een slechte(re). De resultaten voor 2011 en 2012 lieten zien dat de drie vrijloopstallen nogal verschilden in de hoogte van de scores. Waarschijnlijk is dit te herleiden naar het

verschil in oppervlakte betonnen roostervloer. Het bedrijf met de grootste oppervlakte roostervloer toonde de laagste scores, lager dan de scores voor ligboxenstal en potstal. De vrijloopstal met een minimale oppervlakte betonvloer had de hoogste scores.

Ad 6

Motoriek van de koeien werd gescoord op een schaal van 0 tot 2, waarbij 0 staat voor niet kreupel, 1 voor een beetje kreupel en 2 voor ernstig kreupel (Welfare Quality®, 2009). Lage gemiddelde scores geven een goede motoriek en hoge scores geven verminderde motoriek. De gemiddelde scores voor de motoriek in potstal, vrijloopstal en ligboxenstal waren respectievelijk 0,11, 0,18 en 0,27. Dit betekent dat de motoriek in vrijloopstallen minder is dan in potstallen. Het is niet duidelijk waardoor dit veroorzaakt wordt.

Ad 7

De resultaten van het onderzoek tonen dat de dieren in vrijloopstallen een lage prevalentie van agonistische gedragingen hebben en een relatief frequent sociale likken in vergelijking met de andere bedrijfstypen

3.2 Diergezondheid

Bodemmaterialen waarop dieren leven - zowel staan, lopen als liggen - kunnen beschouwd worden als een primaire bron van omgevingsstreptococci waaraan de spenen blootgesteld worden.

Het is bekend dat alle bacteriepopulaties in anorganische bodems (b.v. zand) lager in aantal zijn dan in organische bodems (Bramley and Dodd, 1984; Hogan et al., 1989). De aantallen omgevingsstreptococci variëren per bodemmateriaal. Het aantal van deze bacteriën is groter in strobodems dan in zaagsel- en houtsnipperbodems (Bramley, 1984). Bedrijven met hoge celgetallen die niet geassocieerd zijn met de besmettelijke pathogenen, zijn vaak het gevolg van hoge infecties veroorzaakt door het omgevingsstreptokokken. Deze besmettingen zijn vaak te vinden bij vee in vrijloopstallen met diepe strolagen (Hogan en Smith, 2003). Hoewel genoemde onderzoeken aangeven dat stro behoorlijke infectiedruk door hoge aantallen omgevingsbacteriën kan geven, moet wel bedacht worden dat deze literatuur niet vermeldt dat de bovenlaag van de bodem of de gehele bodem dagelijks wordt bewerkt om lucht in het pakket te krijgen. Het is daarom waarschijnlijk dat de onderzoeken potstallen betreffen waarbij de bodems grotendeels anaëroob zijn.

In vrijloopstallen worden over het algemeen de volgende bacterietypen gevonden met hun frequentie van voorkomen: coliform-achtige bacteriën (10,7%), omgevingsstreptococci (39,4%), omgevingsstaphylococci (17,4%) en *Bacillus* (32,5%) (Barberg et al., 2007a). Coliforms zijn o.a. *E. coli*, *Klebsiella*, en *Enterobacteriën*. Hogere aantallen van coliform-achtige bacteriën zijn aanwezig in houtachtige materialen in vergelijking met niet-houtachtige (Shane et al., 2010).

Belangrijk voor de diergezondheid is dat de bovenlaag van de bodem aëroob gemaakt wordt en blijft (Galama et al., 2014), waarbij de laag ook voldoende droog moet zijn. Dit met het oog op het vermijden van schadelijke bacteriën voor het melkvee die mastitis kunnen veroorzaken. Enerzijds is een luchtige en drogere bodem beter om bacteriegroei tegen te gaan, anderzijds zal dit minder aanhang van bodemmateriaal aan uier en spenen geven, waardoor de kans op besmetting met schadelijke bacteriën kleiner wordt.

Onderzoek van Ouweltjes en Smolders (2014) geeft aan dat bedrijfscelgetallen in melk veranderen als gevolg van overgang van ligboxenstal naar vrijloopstal.

4 Mestsamenstelling, N-verliezen en N-opname

4.1 Mestsamenstelling

De mestsamenstelling in stalbodems is onderzocht. Stromest als materiaal in een vrijloopbodem is vergeleken met andere beddingmaterialen en ook met de mestsamenstelling van vaste stromest (cijfers Blgg, KWIN) en drijfmest (tabel 3).

Tabel 3

Samenstelling van vaste stromest Klaverhof, Veenhouwer, Blgg, KWIN, en Humest (= alle typen beddingmaterialen+ mest) en drijfmest (g/kg product) (bron: IDV Advies)

parameter	Blgg	KWIN	Klaverhof ¹	Veenhouwer ²	Humest ³	drijfmest
ds	211	248	532	303	502	86
ras	110	150	257	131	248	22
os	101	98	275	172	231	64
N	6,2	6,4	12,5	6,3	7,8	4,4
P	3,7	4,1	7,4	1,4	3,8	1,6
K	5,6	8,8	27,0	13,6	8,6	6,2

¹ de cijfers hebben betrekking op twee monsters voor bedrijf van Havermans te Moerdijk met strobedding (17 juli 2014)

² de cijfers hebben betrekking op twee monsters voor bedrijf Veenhouwer te Spanga met strobedding aan einde van de winter (15 februari 2013 en 1 maart 2014)

³ de kolom Humest betreft de gemiddelde samenstelling van 80 monsters mest afkomstig van melkvee uit 10 vrijloopstallen op bodemmateriële van houtsnippers en stro die gedurende ca. 1,5 jaar elke twee manden werden bemonsterd

Opvallend is het hoge drogestofgehalte in de vrijloopstalbodems met diverse materialen en mest en met stromest (Humest respectievelijk Klaverhof). Het drogestofgehalte van de strobodem bij Veenhouwer is aanzienlijk lager dan die bij Klaverhof. Dat kan verklaard worden door het tijdstip van bepaling (einde winter of zomer). Voor de strobodem (Klaverhof) is het kaliumgehalte verhoogd en de N-gehalten en P-gehalten (iets) lager ten opzichte van de Blgg- en KWIN-gehalten. Dit wordt bevestigd door de getallen in de droge stof uit te drukken (tabel 4).

Tabel 4

Samenstelling van vaste stromest Klaverhof, Veenhouwer, Blgg en KWIN en Humest (= alle typen beddingmaterialen+ mest) en drijfmest (g/kg ds)

parameter	Blgg	KWIN	Klaverhof*	Veenhouwer*	Humest*	drijfmest
ras	521	605	483	432	518	256
os	479	395	517	574	482	744
N	29	26	23	21	16	51
P	18	17	14	5	8	19
K	27	35	51	45	18	72

*Bron: IDV Advies

Uit tabel 4 blijkt dat de N- en P-gehalten van Humest meer verlaagd zijn dan die van Klaverhof, waarbij wel bedacht moet worden dat er maar twee waarnemingen van Klaverhof zijn geanalyseerd. De samenstelling van de strobodems van de twee strobodrijven – Havermans en Veenhouwer – laat veel overeenkomsten zien, maar het P-gehalte verschilt bijna een factor 3. Verder is het kaliumgehalte bij Humest nogal lager dan bij de strobodems. Een mogelijke verklaring zou gegeven kunnen worden

door de samenstelling van puur stro of pure compost. Deze samenstellingen (in de droge stof) zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5

Samenstelling van puur stro en pure compost (100% ds)

parameter	stro	compost	eenheid
ds	1000	1000	g/kg
ras	82	518	g/kg ds
os	918	482	g/kg ds
N	6,9	13,1	g/kg ds
P	1,5	5,7	g/kg ds
K	16,0	9,8	g/kg ds

Tabel toont dat stro 90% meer organische stof bevat dan compost, maar lagere gehalten heeft voor vooral N en P, respectievelijk 47% en 74% lager. Het K-gehalte is bij stro 63% hoger.

De gegevens uit tabel 5 geven wel een mogelijke verklaring voor het hogere kaliumgehalte in stromestbodems ten opzichte van Humest-bodems, maar geen verklaring voor de lagere N- en P-gehalten in de Humest-bodems genoemd in tabel 4.

4.2 Stikstofverliezen in stal en tijdens opslag

Interessant onderzoek is gepubliceerd door Lantinga van de leerstoelgroep Farming Ecology van WUR op het biologisch proefbedrijf Droevendaal te Wageningen (Shah, 2013). Het onderzoek is uitgevoerd in een hellingstal met jonge vleesstieren, waarbij stro werd gebruikt. Gekeken is naar de stikstofverliezen (N-verliezen) in de stal en van stal tot uitrijden op het land. Elke dag werd de mest vanuit de stal afgevoerd en op vier manieren bewaard: buiten op een hoop gezet zonder afdak, buiten op een hoop gezet met afdak, gefermenteerd (zoals bij maïs inkuilen) of gecomposteerd. De opslagperiode was 160 dagen. Er werd per behandeling 10 ton stromest opgeslagen. De conische hoop was 1,5 m hoog met een basisdiameter van ca. 5 meter. Elke behandeling werd in drievoud uitgevoerd. De composthoop werd elke maand omgezet. Bij het uitrijden werd de ammoniakemissie gemeten. Gekeken werd in hoeverre grond (zand), lavameel of klei (zeoliet) en beregenen de ammoniakemissie kon beperken. De mest werd later in bemestingsproeven gebruikt met gras en maïs als testgewas op zandgrond. CO₂, NH₃, CH₄ en N₂O zijn regelmatig gemeten. De resultaten gaven aan dat de N-verliezen in de stal 16% van de uitgescheiden mest waren. Door toevoegen van zand, lavameel of klei (zeoliet) werd het verlies beperkt tot 6%. De resultaten van de N-verliezen tijdens uitrijden en de benutting van N in de grond zijn weergegeven in tabel 6.

Tabel 6

Verliezen initiële koolstof (C) en stikstof (N) tijdens bewaring, opbrengsten van testgewas maïs (ton ds/ha/jaar), opgenomen N door gewas, de schijnbare N recovery bij toediening op het land (ANR_F) en direct uit de stal (ANR_B), omzetting van opgenomen N in droge stof maïs ($NUE = \text{crop N use efficiency}$) en (Shah, 2013; aangepast)

wijze van opslag	verlies van de initiële C (%)	Verlies van de initiële N (%)	Opbrengst (kg ds/ha/jr)	Opge-nomen N (kg/ha/jr)	ANR_F^* (%)	ANR_B^* (%)	NUE (Kg ds/ kg opge-nomen N)
Controle			11.155	155			72
Verse mest (direct uit stal)			14.404	204	28	28	71
zonder bedekking bovenkant	14	21	15.513	205	29	23	76
met bedekking bovenkant	17	12	14.738	208	31	27	71
fermenteren	13	6	16.429	222	39	37	74
composteren	22	33	13.554	190	20	13	72

*zie paragraaf 4.3

Tabel 6 toont dat de N-verliezen tijdens bewaring het laagst zijn bij fermenteren en het hoogst bij composteren. De hogere opgenomen N in de gefermenteerde mest komt hiermee goed overeen. Omdat bij fermenteren tijdens de opslag minder N verloren is zijn er ook minder tonnen per ha toegediend. Fermenteren heeft twee voordelen, namelijk minder verliezen tijdens opslag en daarnaast een betere benutting van de beschikbare stikstof. De gefermenteerde mest blijkt ook de hoogste opbrengst bij de maïsproef te geven (Shah, 2013). In de proef met maïs werd de mest snel ingewerkt. Dit heeft waarschijnlijk ook bijgedragen aan de betere benutting van de N in uitgescheiden mest, omdat de NH_3 -emissie daardoor sterk beperkt kon worden. Bij proeven op grasland kon de vervluchtiging van NH_3 beperkt worden door te beregenen met hoeveelheden van 5 mm en 10 mm. Ze gaven een NH_3 -reductie van respectievelijk 65% en 92% (Oomen, 2013). Alleen lavameel toevoegen gaf een reductie van 50% in NH_3 -emissie. Combinatie van lavameel en 10 mm water toevoegen gaf nagenoeg geen emissie meer.

De hoogste opbrengst van maïs werd verkregen uit gefermenteerde opslagen mest met bijbehorende lagere NH_3 -emissie in combinatie met de hoogste opname van N van deze mest door de plant. De opbrengst was 21% hoger dan bij composteren. De opslagmethode bleek geen invloed te hebben op de NUE.

4.3 Opname van de toegediende meststikstof door de plant

De totale N-opname door de plant werd gemeten van elke oogst (bij gras) en gecumuleerd en van één oogst (bij maïs) om de schijnbare N-recovery door het gewas van de op het veld aangewende mest (ANR_F) te schatten. De ANR_F werd als volgt bepaald (vergelijking 1):

$$ANR_F (\%) = \frac{TNU_{\text{mest}} - TNU_{\text{controle}}}{TN_{\text{toegediend}}} \times 100\% \quad (1) \text{ (Shah, 2013)}$$

waar TNU_{mest} is de totale N-opname door het gras (of maïs) van de met mest behandelde percelen, TNU_{controle} de totale N-opname door het gras (of maïs) is van de controlepercelen, en $TN_{\text{toegediend}}$ de totale toegediende mest-N is.

Voor de mestaanwendingsproef werd de schijnbare N-recovery vanuit de stal (ANR_B) berekend door de volgende vergelijking

$$ANR_B (\%) = \frac{(TN_{barn} - TN_{loss_{storage}}) \times ANR_F}{TN_{barn}} \times 100\% \quad (2) \text{ (Shah, 2013)}$$

waarbij TN_{barn} is de hoeveelheid mest-N uit de stal (kg), $TN_{loss_{storage}}$ is het totale N-verlies tijdens de opslag (kg) en ANR_F is de schijnbare N-recovery door het gewas van de op het veld aangewende mest (%) berekend volgens vergelijking 1.

5 Emissies van ammoniak en broeikasgassen uit stal en mestopslag

5.1 Ammoniakemissies uit stal en mestopslag

Van stalbodems is bekend dat fysieke en chemische kenmerken van invloed kunnen zijn op NH_3 -, broeikasgas- en geuremissies. Het relatieve belang van de chemische en fysieke eigenschappen van zes verschillende strooisels - gehakseld tarwestro, zand, grenen houtsnippers, versnipperd papier, gehakselde maïsstengels en dikke fractie mest - werd op laboratoriumschaal onderzocht (Misselbrook en Powell, 2005). De chemische eigenschappen zijn pH, kation-uitwisseling en C: N-verhouding. De fysieke kenmerken zijn urine-absorptiecapaciteit en stortdichtheid. Zand en houtsnippers veroorzaakten de laagste ammoniakemissie (23% en 42% van de toegediende urine-N), gehakselde maïsstengels gaven de hoogste emissie: 68%. De ammoniakemissie van het stro zit daar tussen in: 55%. De verschillen in chemische eigenschappen van het strooisel konden de verschillen in ammoniakemissie niet verklaren. Belangrijker zijn de fysieke eigenschappen van de materialen, die een positief lineair verband gaven tussen ammoniakemissie en absorptiecapaciteit en een negatief verband met de dichtheid van het strooisel. Omdat elk strooisel haar eigen absorptiecapaciteit heeft (= de hoeveelheid op te nemen vocht in relatie tot haar eigen gewicht) betekent dit dat bij het bereiken van het maximum van deze capaciteit bij stro de NH_3 -emissie ineens sprongsgewijs hoger kan worden. Dit wordt wellicht veroorzaakt door het feit dat urine en mestvocht bij het poreuze stro veel contactpunten met elkaar hebben die veelal ook met de omgevende lucht in contact staan. Dit werd ook gevonden in onderzoek in een groephuisvestingssysteem voor zeugen (Groenestein et al., 2006). Hierbij werden de NH_3 -emissie van een urineplek op een betonnen vloer vergeleken met die op een strobodem. Het bleek dat de hoogste ammoniakemissie op de betonnen vloer en de laagste op een strobodem voorkwam ongeacht de drijfmesthoeveelheid in het stro. Alleen een erg hoge hoeveelheid drijfmestverontreiniging in het stro gaf een toename van de NH_3 -emissie (Groenestein et al., 2006). Zoals hiervoor aangegeven bij composteren is het belangrijk om een goede C:N-verhouding (ruim 30) in de vrijloopbodem te hebben voor het verlagen van NH_3 -emissie. Rundermest heeft een C:N-verhouding van ongeveer 10 (Chadwick et al., 2000) en zal daarom meer NH_3 -emissie tonen. Bij hoge C:N-verhoudingen zal de N benut worden voor eiwitsynthese van de bacteriën in de bodem die de NH_3 -emissie ook beperkt. Hoewel vrijloopbodems met stro voldoen aan een hoge C:N-verhouding en dus een lagere NH_3 -emissie, lijken N_2O - en CH_4 -emissies juist hoger te zijn (Monteny et al., 2006). Sommer et al. (2006) beschrijven het proces van ammoniakvorming van alleen mest op een vlakke vloer en van mest gemengd in bodemmateriaal (b.v. stro). Het mengsel mest-bodemmateriaal heeft een reducerende werking op de NH_3 -emissie. Een pH-range van 5,5 tot 7,8 is acceptabel. Een lage pH binnen deze range is gewenst. Het geeft een reducerende werking op NH_3 -emissie (Misselbrook en Powell, 2005). In Nederland is bij een potstalsysteem met stro de NH_3 -emissie bij volwassen melkvee bepaald (Mosquera et al., 2005a). Deze was 13,9 kg NH_3 dierplaats/jaar, 6,9% hoger dan de emissiefactor voor een stalsystemen voor melkvee met beweiding (= 13,0 kg/dierplaats/jaar) en 13,9% hoger dan de emissiefactor voor een stalsystemen voor melkvee zonder beweiding (= 12,2 kg/dierplaats/jaar). Voor stalsystemen van melkvee gebouwd tussen 1 juli 2015 en vóór 1 januari 2018, en vanaf 1 januari 2018 gelden NH_3 -emissiewaarden van respectievelijk 11,0 en 8,6 kg/dierplaats/jaar (Staatsblad, jaargang 2015). Ook is de ammoniakemissie in een mestopslag buiten de potstal bepaald tot maximaal 14 dagen na opslag. Deze was 7,9 kg/dier/jaar, 55% van de emissie uit de stal (Mosquera et al., 2005b). De methode van opslag van heuvelstalmest is onderzocht door Shah (2013) en geeft significante verschillen in reducties in NH_3 -emissies (tabel 6, verschil in verlies initiële N en grote verschillen in schijnbare N recovery). Fermenteren als methode van opslag geeft de laagste N-verliezen en daardoor ook de laagste NH_3 -emissie, die op 25% van de N-verliezen wordt geschat (Shah, 2013). De fermentatiemethode benut meer N in de uitgescheiden mest wat uiteindelijk de plant (gras of akkerbouwgewas) ten goede komt bij een adequate aanwending van beregenen bij grasland of direct onderploegen bij akkerbouwgewassen (zie paragraaf 4.2).

5.2 Broeikasgasemissies uit stal en mestopslag

Broeikasgasemissies - CO₂, N₂O en CH₄ - zijn ook onderzocht in vrijloopbodems. Een recent onderzoek komt uit Italië, waarbij gegevens zijn verzameld over de periode 2007-2013. Er zijn acht staltypen onderzocht waaronder twee vrijloopstaltypen met stro (straw yard en straw loose yard). In deze stallen zijn de emissies van CO₂, N₂O en CH₄ onderzocht. Dit is weergegeven in tabel 7 (Vitali et al., 2014).

Tabel 7

Broeikasgasemissies (kg LSU jaar⁻¹) en omgerekend naar CO₂-equivalenten (kg LSU jaar⁻¹). Een LSU-eenheid is equivalent aan 600 kg lichaamsgewicht. De omrekeningsfactoren voor CH₄ en N₂O naar CO₂-equivalenten zijn respectievelijk 25 en 310

staltype	aantal (n)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -eq.
straw yard	125	948	19,4	1,86	2008
straw loose yard	21	945	19,4	1,86	2005
free cubicle stall + straw	307	916	13,6	1,84	1826
tie stall + straw	847	937	13,6	1,86	1853
free cubicle stall + mattress	96	540	17,8	0,30	1078
tie stall	7	547	18,0	0,31	1093

Voor de Nederlandse omstandigheden is voor de emissies van hoogproductief melkvee de TEWI-berekeningen van toepassing. Basis voor de TEWI-berekening zijn de Nederlandse protocollen voor pensfermentatie rundvee en mestmanagement rundvee, en de IPCC-Guidelines (1996/2006). Op basis van IPCC-guidelines (West-Europa; hoog productief) is de CH₄-emissie door pensfermentatie van een melkkoe 100 kg CH₄/dier per jaar; de CH₄-emissie bij langdurige mestopslag (drijfmest) in b.v. een ligboxenstal is 50,1 kg/dier per jaar en bij kortdurende mestopslag varieert de emissie van 8,8 tot 29,5 kg/dier per jaar. De gemeten CH₄-emissies vanuit ingestrooide vrijloopstallen zijn vergelijkbaar met de waarden van drijfmest met een kortdurende mestopslag in een ligboxenstal (tabel 7). Opvallend zijn de nogal hogere N₂O-waarden in vrijloopstallen met stro ten opzichte van de lagere N₂O-waarden in ligboxenstallen zonder stro en de grupstal. Hierbij moet opgemerkt worden dat bij deze stallen het management van stro toedienen en het bewerken van de bodem niet bekend is (tabel 7).

In Nederland zijn de broeikasgasemissies onderzocht in een potstalsysteem (Mosquera et al., 2005a). Het bleek dat de N₂O-emissie 0,9 kg/dier/jaar was en de CH₄-emissie 475 kg/dier/jaar. De hoge CH₄-emissie werd vooral beïnvloed door dat in één van de vier meetperioden extreem hoge CH₄-emissies gemeten zijn. Toch kan uitgegaan worden dat de CH₄-emissie van een potstal minimaal tweemaal zo hoog is als in een ligboxenstal. Dit bleek uit eerdere onderzoeken in potstallen waarin weliswaar alleen gemeten is in de periode november tot maart (122 dagen), waaruit emissies van 365 kg CH₄/dier/jaar (Groenestein en Reitsma, 1993) en 292 kg CH₄/dier/jaar (Groenestein en Huis in 't Veld, 1994) berekend kunnen worden.

Nederlands onderzoek naar emissies van CH₄ en N₂O uit mestopslagen - die afkomstig waren van potstallen - geeft aan dat er wel CH₄ emitteert, maar dat N₂O-emissie te verwaarlozen is (Mosquera et al., 2005b). De beperking van dit onderzoek is dat alleen tijdens een periode van 4 uur gemeten is. Twee weken na het opslaan van de mest in de mestopslag was de CH₄-emissie 26,5 g CH₄/m³ mest/dag, ruim 3 keer lager dan de CH₄-emissie uit de potstal: 84,9 g CH₄/m³ mest/dag (Mosquera et al., 2005a). Het niveau van de CH₄-emissie lag in dezelfde orde van grootte als die in de onderzoeken van Sommer et al. (2004) en Husted (1994). Gezien de eenmalige korte meting uit Nederlands onderzoek en de grote variaties in CH₄ in de mestopslag gedurende de dagen 30 tot 40 (40 g CH₄/dag/ton mest) en 40 tot 50 (0 g CH₄/dag/ton mest) na opslaan (Sommer et al., 1998), is extrapolatie van CH₄-emissie op jaarbasis niet mogelijk.

6 Risico's melkqualiteit

Verdichting in de onderste lagen van een potstalbodem geeft risico's op schadelijke bacteriën (paragraaf 3.2; Smeding en Langhout, 2006). Bij schone gewasresten, zoals stro, zal dat zich beperken tot boterzuurbacteriën, die een negatief effect hebben op de kaaskwaliteit. De bacterie vermenigvuldigt zich in de diepere anaërobe lagen van de stal, vormt sporen en veroorzaakt hiermee het effect 'laat los' in kaas. Uit onderzoek op vier bedrijven met 18 monsters zat 33% op de norm ofwel was acceptabel (1.000 tot 10.000 kolonie vormende eenheden (= kve) en 67% boven de maximaal geaccepteerde norm ofwel was 'problematisch' (hoger dan 10.000 kve) (Smeding en Langhout, 2006). De risico's kunnen nog vergroot worden door toepassing van andere natuurproducten, b.v. natuurhooi of riet, waarbij het materiaal niet droog de stal ingaat of natte vlokken vertoont die in de onderste lagen gaan klitten.

Ook in een vrijloopstal, die qua bodemmateriaal hetzelfde kan zijn als een potstal (b.v. stro), zal rekening gehouden moeten worden met het ontstaan van verdichtende lagen in het stropakket. Dit kan tegengegaan worden door de bodem dagelijks open te halen met een trekker en frees en eventueel in bepaalde seizoenen (in de winter bij een dikker stropakket) een langetandcultivator. Hierdoor zal meer koolstof aëroob omgezet kunnen worden, waardoor de kans op een stabiele stalrest kan ontstaan. Hierbij speelt echter ook het staltype (open zijwanden, dak) een rol, waarbij gedacht moet worden aan aspecten als instraling van de zon, windsnelheid en relatieve vochtigheid. De zon zal de trekkende kracht voor verdamping leveren en de wind zal zorgen voor de afvoer van het vocht. Een serrestal met open wanden bijvoorbeeld, voldoet aan deze aspecten. Ook is het mogelijk dat de vrijloopstal wordt uitgevoerd met een beluchtingssysteem, waarbij door afzuigen of blazen vocht wordt afgevoerd uit de bodem. Een derde mogelijkheid is dat het vocht van urine en mest wordt opgeslagen in het bodemmateriaal (het absorberen van vocht). Het bodemmateriaal zal dan veel vocht moeten kunnen opnemen, b.v. stro- of veenproducten. Een laatste mogelijkheid die interessant kan zijn voor een goed verloop van de compostering is het gebruik van gewassen die meer lignine bevatten, zoals tarwestro, riet en miscanthus (Kasper en Galama, 2015). Bij gebruik van de juiste verhouding van deze gewassen en een goede menging door de gehele bodem, zal de bodem voldoende luchtig blijven. Hierbij mag de bodem niet te nat of te droog zijn.

Het kunnen garanderen van een goede melkqualiteit is een van de belangrijkste aspecten waaraan een vrijloopstal zijn toekomst ontleent. Onderzoek dat tot nu toe is uitgevoerd in Nederland geeft aan dat compost als beddingmateriaal niet geschikt is (Galama et al., 2014). Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van grotere aantallen sporevormers van TAS- en XTAS-bacteriën. De sporen zijn bestand tegen extreme condities, b.v. hoge temperatuur, en kunnen dit lang overleven. Onder gunstiger omstandigheden zullen deze sporen weer het bacteriestadium aannemen, waardoor ze zich kunnen vermenigvuldigen en daardoor bepaalde gesteriliseerde zuivelproducten kunnen bederven. Naast temperatuur zijn er mogelijk nog andere tot nog toe niet bekende factoren die sporevorming kunnen stimuleren, hetgeen een onderzoek op zich vergt. Momenteel heeft Friesland Campina aangegeven dat alle vormen van compost als beddingmateriaal in ligboxenstallen en vrijloopstallen niet is toegestaan. Bekend is dat andere beddingmaterialen gemiddeld minder sporevorming geven. In volgorde van afnemende sporevorming zijn dat: houtsnippers, zaagsel en stro (Driehuis et al., 2014; Galama et al., 2014). Onderzoek naar concentraties TAS- en XTAS-sporen van ongebruikte beddingmaterialen gaf aan dat voor stro bij één monster een relatief hoge concentratie TAS-sporen werd gevonden, maar dat XTAS-sporen laag waren. De concentratie TAS-sporen in tankmelk bij een bedrijf met stro was in het voorjaar <50 kve/L, maar varieerde in het najaar bij vier individuele monsters op dat bedrijf van 160 tot 1520 kve/L (Driehuis et al., 2014). De in dit onderzoek genoemde cijfers voor TAS en XTAS zijn afkomstig van het bedrijf Veenhouwer, die stro als vrijloopbodem gebruikte van 2012 tot 2014.

7 Discussie

7.1 Bodemkeuze en bodembeheer

Bodemkeuze en bodembeheer zijn belangrijke aspecten van melkvee houden in vrijloopstallen. Bij bodemkeuze kan gedacht worden aan voorkeur voor een bepaald materiaal (b.v. stro) of twee materialen (houtsnippers als onderlaag en stro als bovenlaag). In deze keuze is de veehouder niet helemaal vrij. Hij zal zich bijvoorbeeld sterk laten leiden door de kans van het optreden van sporevorming van bepaalde bacteriën in een materiaal (TAS en XTAS). Is die kans klein – zoals in schoon stro (Driehuis et al., 2014) – dan gaat zijn voorkeur hiernaar uit, waarbij de aankoopkosten van het materiaal pas op het tweede plan komen.

Is eenmaal de keuze van het bodemmateriaal gemaakt, dan zal vervolgens een besluit moeten worden genomen over het beheer van de bodem. Bij deze keuze spelen gezondheid van het vee, arbeid van de boer en economie een rol. Een potstalsysteem met stro geeft een grote variatie in celgetal bij melkvee, vooral veroorzaakt door minder oppervlakte bodem per dier, meer aanhangend vuil aan uiers en minder frequent strooien dan een hellingstalsysteem (Baars, 2000). Verder geeft een potstal door een hoger stroverbruik hogere kosten ten opzichte van een bodem die meer of minder composteert. Bij de keuze van composteren van de bodem, zal bij het Nederlandse klimaat het beheer in de zomer anders zijn dan in de winter. De mogelijkheden van verdamping van urine en mestvocht in de winter zijn nogal lager dan in de zomer. Dit betekent dat in de winter meer vocht wordt opgeslagen en vastgehouden in het bed door elke dag stro te strooien, terwijl in de zomer het strogebruik minimaal is door een goede verdamping. Bovendien zal elke dag – zowel in de zomer als in de winter – het bovenste deel van de bodem (ca. 10-15 cm) bewerkt worden met een cultivator of frees met een tweeledig doel: de aanwezige mestflaten in de bodem te werken en de bovenste laag te beluchten. De beluchting stimuleert het composteringsproces, vergemakkelijkt daardoor de verdamping en geeft uiteindelijk de dieren een droog ligbed. Omdat in de winter de bodemdikte toeneemt zal het groeiende onderste deel van de bodem niet bewerkt worden. Hierdoor ontstaat met name in de winter een bodem die van boven meer aëroob en van onder meer anaëroob is. In het voorjaar en de zomer wordt naast de frees ook bewerking met woelpoten, die ca. 40 tot 60 cm het bed ingaan, gebruikt om de onderste laag van de bodem te bewerken. Door deze bewerking zal het vocht uit de onderste lagen op den duur ook gaan verdampen.

Echter, de consequenties van genoemde bewerkingen in de bodem voor NH_3 -emissie en broeikasgassen zijn niet geheel duidelijk, maar zijn wel te benaderen. In het onderzoek van Szanto (2011) – zie ook paragraaf 2.2.1 – worden substraatparameters en procesparameters genoemd die verantwoordelijk zijn voor de mate van compostering. Wanneer uitgegaan wordt van de twee genoemde lagen in de bodem, de onder- en bovenlaag, dan is te beredeneren dat in de onderlaag in de winter nauwelijks compostering optreedt maar eerder fermentatie, waarbij NH_4^+ en NH_3 opgelost in water worden gevormd (Szanto, 2014). Wanneer in het voorjaar de temperatuur stijgt, zullen de micro-organismen gaan groeien waardoor warmte wordt geproduceerd. Dit in combinatie met het diepwoelen bevordert de verdamping en de NH_3 -emissie. De verwachte hoge NH_3 -emissie zal waarschijnlijk in een korte periode verlopen. Daarnaast treedt door de temperatuurstijging en de beluchting een zodanig grote vochtverdamping op dat de bodem goed beloopbaar blijft zonder dat bijgestrooid hoeft te worden voor de rest van het voorjaar en de zomer (Havermans, 2014). De C/N-verhouding van de bodem zal hierdoor afnemen (toename mest, afname koolstof), waardoor ook de kans op NH_3 -emissie in deze periode zal toenemen. Onbekend is of de niet-bewerkte ondergrond in de winterperiode via het proces van nitrificatie-denitrificatie ook de vorming van nitraat, N_2O en N_2 stimuleert. Is dat het geval dan zijn na diepwoelen in het voorjaar emissies van N_2O en N_2 te verwachten.

Minimale emissies zijn te realiseren door de compostering voor de hele bodem goed te laten verlopen. Het optimaliseren van de substraat- en procesparameters van de bodem is hierbij essentieel (Szanto, 2011). Bij het gebruik van stro kan het creëren van voorwaarden die specifiek de onderlaag van de bodem een betere beluchting in de winterperiode geven hiertoe bijdragen. Een optie is de onderlaag van stro te vervangen door een structuurhoudend materiaal, bijvoorbeeld verse houtsnippers (C/N-verhouding: 44), en actieve beluchting (blazen) toe te passen. Het vocht zal dan niet in de bodem worden opgeslagen, maar door verdamping de bodem verlaten. Door de actieve beluchting zodanig in te stellen – stel 4 maal 10 minuten per etmaal met een afgestemd laag luchtdebiet – kan ervan worden uitgegaan dat het geoptimaliseerde composteringsproces de N-verliezen beperkt houdt, omdat NH_3 onder zuurstofrijke omstandigheden wordt omgezet in nitriet (NO_2^-). Nitriet kan vervolgens onder zuurstofrijke omstandigheden weer worden omgezet in nitraat (NO_3^-) (Szanto, 2011). Belangrijk voor een laag N-verlies bij deze bodems is dat de C/N verhouding optimaal is, en het beluchtingsdebiet niet te hoog (Szanto, 2011). Wellicht kan bij een bovenlaag van stro de gehele bodem het hele jaar bewerkt worden met frees en diepwoelers. De grote vraag bij deze combinatiebodem is of de bodem voldoende structuur houdt gedurende langere tijd.

7.2 Ketenbenadering

In hoofdstuk 4 is aandacht besteed aan mestsamenvatting en het N-verlies bij vrijloopstallen met gebruik van compost en houtsnippers (Humest) en stro (Klaverhof en Veenhouwer). Klaverhof gebruikt in het voorjaar en de winter geen stro, waardoor de strobodem in de loop van de zomer een steeds lagere C/N-verhouding krijgt. Dit bevordert de NH_3 -emissie. Ammoniakemissiemetingen zullen dit moeten bevestigen. Verder blijkt dat de gemiddeld lagere N- en P- waarden van de strobodems ten opzichte van gemiddelde N- en P-waarden van vaste mest (Blgg) veroorzaakt zijn door de lage N- en P-waarden in het stro en wellicht door N-verlies van vluchtige stoffen (NH_3 , N_2). Dit betekent dat de keuze van het juiste management van stro en het soort stro belangrijk zijn.

Stro, en dan met name tarwestro, is om drie redenen interessant voor gebruik in een vrijloopstalbodem. De eerste reden is dat het stroverbruik relatief laag is door de goede draagkracht van stro (bevat een hoog gehalte silicium wat stevigheid en ondersteuning geeft), de tweede reden is dat het organische stofgehalte hoog is – dit is een goed uitgangssituatie voor composteren – en de laatste reden is dat de N en P in stro niet meetellen in de mestwetgeving. Wanneer er N-verlies optreedt in de stromestbodem Klaverhof zal het systeem aangepast moeten worden om de verliezen te minimaliseren. Dit is voor de stalfase al beschreven in paragraaf 7.1. Bij een ketenbenadering zal gestreefd worden naar het beperken van de N-verliezen in de stal en tijdens opslag, zodat er maximaal N overblijft voor aanwending op het land. Fermenteren van de stalmest in de opslag (bewaring) geeft de laagste N-verliezen in vergelijking met de andere besproken opslagmethoden besproken in paragraaf 4.2; dat is zeker het geval in combinatie met toevoeging van lavameel. De opslagmethode 'fermenteren' geeft ook de hoogste benutting van de door de plant opgenomen N. Toch zijn er nog vragen die beantwoord moeten worden. Composteren heeft ongetwijfeld voordelen wat betreft het doden van zaden en ziektekiemen voor dier, plant en mens. Bovendien ontstaat als eindproduct een type mest, die over het algemeen goed verdragen wordt door planten, ook wel ruige of gerijpte mest genoemd. Toch zou het wenselijk zijn proeven op te zetten rond het management van stro in de hele keten van stal, opslag en aanwending, waarbij geïnventariseerd wordt wat milieutechnisch en economisch het meest interessant is. Het milieutechnische aspect betreft vooral de NH_3 -emissie en de N-verliezen. Voor de stalfase gaat het dan om (meer of minder) gecomposteerde of gefermenteerde mest met of zonder additieven. Voor de opslagfase zal deze mest opgeslagen (zonder of met afdekking), gefermenteerd of nog nagecomposteerd kunnen worden. In de aanwendingsfase zal gekeken moeten worden welke extra maatregelen (b.v. beregenen) toegepast kunnen worden om te NH_3 -emissie en N-verliezen te beperken.

Verder onderzoek naar de effecten van beddingmaterialen, het management van de bodem, de opslagmethoden buiten de stal en de toediening van de mest op bodem- en plantgezondheid en plantengroei is gewenst.

8 Leerpunten, aanbevelingen en opties

8.1 Leerpunten uit verleden en heden

Potstalsystemen zijn uit het verleden bekend vanwege problemen met uiergezondheid: mastitis. Dit werd veroorzaakt door vuile uiers. Mestflatten blijven boven op de strolaag liggen, waardoor bij het liggen van de koeien snel aanraking met uiers plaats heeft, vooral ook door de kleinere oppervlakte per dier ten opzichte van vrijloopstallen. Ook staan deze staltypen bekend door hun hogere emissies aan CH_4 , die minimaal tweemaal zo hoog liggen als in een ligboxenstal en N_2O , die ongeveer 1,5 kg/dier/jaar bedraagt. Ter vergelijking: de CH_4 -emissie van een ligboxenstal is te verwaarlozen. De melkwaliteit kan zelfs bij schoon stro gevaar lopen door de aanwezigheid van boterzuurbacteriën in diepe anaërobe lagen die onder suboptimale omstandigheden sporen gaan vormen. In de stalbodem vermeerdert de bacterie zich in de diepere anaërobe lagen. Vergeleken met normen voor kuilvoer, is het aantal bacteriën in stalmest hoog. Op vier bedrijven met stalmest van een potstalsysteem werden 18 monsters genomen. Van de bedrijven zat 33% op de norm ofwel was acceptabel (1.000 tot 10.000 kolonie vormende eenheden (=kve)), maar 67% boven de norm ofwel 'problematisch' (hoger dan 10.000 kve) (Smeding, 2006). Natte vlokken in de bodem van bijvoorbeeld natuurflooi en riet kunnen ook bronnen zijn voor het ontstaan van boterzuurbacteriën.

8.2 Aanbevelingen

In deze paragraaf worden een aantal aanbevelingen gedaan naar aanleiding van resultaten die gevonden zijn in deze deskstudie stroverbruik in vrijloopstallen. De aanbevelingen betreffen staltypen, verschillen tussen soorten stro, bewerkingen strobodem, opslag en NH_3 -emissieremmers en aanwending op het land.

Staltypen

De potstal is overwegend anaëroob, heeft weinig oppervlakte per koe nodig en vraagt veel stroverbruik, bereikt 35°C in een dun aëroob ligbed, bevat instabiele mest met veel vocht. Voordeel is dat het alleen arbeid kost voor instrooien. Dit weegt niet op tegen de nadelen: hogere strokosten, grotere kans op sporevorming boterzuurbacteriën en mogelijk andere schadelijke bacteriën. Verder ontstaan door fermentatie/rotting ongewenste emissies van sterke broeikasgassen: N_2O en CH_4 (Viaene et al., 2015). Bovendien was de ammoniakemissie in de stal hoger dan in een ligboxenstal. De ammoniakemissie tijdens opslag buiten de stal is ook aanzienlijk bij geen gebruik van een bodemplaat en het onbedekt op te slaan. Wellicht is het luchtdicht opslaan – de zogenaamde fermentatiemethode – van deze mest interessant.

De heuvelstal vraagt 25% minder stroverbruik dan de potstal, is eerst aëroob in het ligbed en daarna anaëroob in andere delen van de stal, bereikt minimaal 50°C in een dikker aëroob ligbed, geeft stabielere mest met minder vocht en een kleine kans op na-compostering. Het instrooien kan gemechaniseerd worden. Voordelen zijn: droge ligplek voor de dieren en een snelle afvoer van stromest en urine, die daardoor tijdens de opslag te behandelen is naar keus: opslaan met of zonder afdekken, composteren of fermenteren. De NH_3 -emissies lijken beheersbaar bij frequente afvoer van mest (minimaal een keer per dag). Er worden geen noemenswaardige N_2O - en CH_4 -emissies verwacht.

De vrijloopstal met stro en veel oppervlakte per koe kenmerkt zich door een bodem die is opgebouwd in een onderste overwegend anaërobe laag en een bovenste laag die aëroob is. Bij een strobodem zal de onderste laag in de winter groeien en in de zomer afnemen. Het beste management voor een schoon en droog ligbed is minimaal één keer per dag de bovenlaag van het bodem bewerken met frees/cultivator. De NH_3 -emissie, broeikasgasemissies en N-verliezen zijn nog onvoldoende onderzocht.

Verschillen tussen soorten stro

Tarwestro wordt bij voorkeur gebruikt als strooisel. Het heeft van de soorten graanstro het hoogste drogestofgehalte en het laagste VEM-gehalte. Het bevat bovendien weinig stof. Verder heeft het een hoog ruwe celstofgehalte en een lage energiewaarde per kg droge stof. Het hoge ruwe celstofgehalte geeft voldoende structuur aan de bodem, Hierdoor is een strobodem nog te belopen bij minimaal 30-35% ds.

Bewerkingen stro en bodem

Bij het bewerken van de bovenlaag heeft hakselen de voorkeur boven niet hakselen. Voordelen zijn dat het stro beter verdeeld wordt, het geeft een betere menging van stro en mest, het geeft een gelijkmatiger afbraak van de stromest - geen natte plukken waarin bacteriën kunnen gaan groeien – en tenslotte wordt de bovenlaag van het stropakket homogener. Dit laatste bevordert een goede aëratie, waardoor het vocht uit de bodem gemakkelijker (met minder weerstand) verdampt. Bij het bewerken met alleen een (triltand)cultivator heeft hakselen ook als voordeel dat de bovenlaag niet gaat 'stropen'.

Opslag en NH₃-emissieremmers

Bij opslag van stromest na de stalperiode kan gekozen worden uit een aantal opties. Het kan direct uitgereden worden op het land (gras- of bouwland) of het kan opgeslagen worden op het eigen bedrijf. Bij het direct uitrijden moet bedacht worden of het redelijk verse mest is (heuvelstal), geconserveerd/gefermenteerd is (potstal) of (gedeeltelijk) gecomposteerd is (vrijloopstal). Verse stromest uitrijden geeft wellicht hoge NH₃-emissies. Geconserveerde/gefermenteerde mest direct uit de stal kan hoge NH₃-emissies en hoge broeikasgasemissies van N₂O en CH₄ geven (Viaene et al., 2015). Niet volledig gecomposteerde mest uitrijden veroorzaakt ook NH₃-emissie. NH₃-emissieremmers, zoals zand, zeoliet en lavameel, remmen de emissie van NH₃. Verder onderzoek naar direct uitrijden van mest met gevolgen voor emissies is gewenst.

Opslag op het eigen bedrijf na de stalperiode verdient de voorkeur met het oog op nabehandeling van de stromest. Hierbij kan de stromest onbehandeld opgeslagen worden zonder of met een afdekdoek of plastic afdekking, het kan nagecomposteerd met of zonder afdekking of het kan gefermenteerd (= geheel luchtdicht afsluiten) worden.

Aanwending op het land

De in de opslag behandelde stromest kan onder vochtige omstandigheden en bij lage temperaturen met minimale NH₃-emissie toegediend worden. Onder hogere temperaturen is de NH₃-emissie te reduceren door te beregenen. Het verdient aanbeveling om tijdens de stalperiode al emissieremmers te gebruiken. De combinatie emissieremmers en beregenen kan de NH₃-emissie extra verlagen.

N-benutting plant

De N-benutting van de plant is afhankelijk van de N-verliezen in stal, opslag en aanwending. Deze verliezen worden weer beïnvloed door staltype, management bodem, opslag- en aanwendingsmethode.

8.3 Opties

In deze paragraaf wordt ingegaan op een aantal opties voor staltypen (drie typen processen), opslagmethoden en methoden van aanwending. Vervolgens komen innovatiepunten voor de keten stal-opslag-aanwending aan de orde. Tenslotte worden suggesties gedaan voor te onderzoeken duurzaamheidsthema's.

Toepassingsmogelijkheden van stro en het management in vrijloopstallen met bijbehorende opslagsystemen en aanwending zijn weergegeven in de tabel 8.

Tabel 8

Toepassingsmogelijkheden van stro en het management in vrijloopstallen met bijbehorende opslag- en aanwendingssystemen

proces	stal	opslag	aanwending
absorberen/fermenteren	- potstal (6-8 m ² /dierpl.) - vrijloopstal (15 m ² /dierpl.)	- zonder afdak - met afdak - fermenteren - composteren	4 soorten stapelbare stromest, bovengronds aanwenden
composteren	- vrijloopstal met beluchting	- zonder afdak - met afdak - fermenteren - nacomposteren	4 soorten stapelbare stromest, bovengronds aanwenden
draineren	- vrijloopstal met drainage van urine m.b.v. zand- en strolaag	- zonder afdak - met afdak - fermenteren - composteren	urine emissiearm aanwenden + 4 soorten stapelbare stromest, bovengronds aanwenden

De toepassingsmogelijkheden van stro en het management in vrijloopstallen geeft aanleiding om de volgende innovatiepunten op te stellen (tabel 9).

Tabel 9

Innovatiepunten voor de keten stal, opslag en aanwending ten behoeve van onderzoek

keten	absorberen / fermenteren	composteren	draineren	
Stal				
Stroform (lang, gehakseld, gemalen) en strogebruik (hoeveelheid/dierplaats)	x	x	x	
toevoegmiddel	x	x	x	
Beheersen composteringsproces		x		
Beheersen fermentatieproces	x			
Stro verwijderen			x	
	zonder dak	met dak	fermenteren	composteren
Opslag				
Percolaat-opvang	x	x	x	x
Zonder afdekking				x
Met afdekking (composteringsdoek)				x
Composteringstrommel				x
Onder plastic (= fermenteren)			x	
	urine emissievrij uitrijden	soorten stapelbare stromest		
Aanwending				
Methode (bovengronds of direct onderwerken)	x	x		
Tijdstip (morgen/middag/avond)	x	x		
Periode (voorjaar/zomer/winter)	x	x		
Kunstmestvervanger	x			

In de strobodem van een vrijloopstal kunnen de processen fermenteren en composteren voorkomen, omdat er in eenzelfde seizoen zowel aërobe als anaërobe omstandigheden in het strobed aanwezig zijn. In de winter zal fermentatie (anaërobe omstandigheden) meer optreden dan in de zomer door het hogere strogebruik (6 kg ds/etmaal versus 0-1 kg ds/etmaal), de daardoor dikkere bodem en het minder of niet bewerken van de onderlaag van de bodem. Het composteren (aërobe omstandigheden) treedt meer op in de zomerperiode door het betere buitenklimaat, de dunnere strobodem en het grotendeels bewerken van gehele bodem.

Stro kan in een dunne laag ook dienst doen in een vrijloopstal waarin gedraineerd wordt.

Toevoegmiddelen in de stalfase vervullen een functie in het binden van mineralen (o.a. Ca) en ammoniak vanuit de strobodem. Voor het beheersen van de processen absorberen/fermenteren en composteren zijn de vaardigheden nodig die genoemd zijn in paragraaf 2.2.1.

Bij opslag van mest is het verstandig om het percolaat (= het uitredende vocht inclusief inhoudsstoffen en mineralen) op te vangen zodat de bodem niet verontreinigd wordt. Dit geldt zowel voor opslag op een onverharde als verharde bodem. Wanneer mest tijdens opslag gecomposteerd wordt, zal dit periodiek moeten worden omgezet (b.v. eens per maand). Bij de andere vormen van opslag – niet of wel afgedekt of luchtdicht afgesloten – blijft de mest onaangeroerd.

Bij mesttoediening hebben methode, tijdstip en periode van aanwending effect op ammoniak- en broeikasgasemissies. Onderzoek hiernaar zal hierover meer duidelijkheid moeten geven.

Het onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden en de innovatiepunten in de keten vrijloopstal-opslagsysteem-aanwending (tabellen 8 en 9) kan zich richten op de duurzaamheidsthema's: 1) emissies, 2) dierenwelzijn, - gezondheid en melkqualiteit, en 3) mestkwaliteit, bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengst.

De emissies in de keten worden veroorzaakt door:

- ammoniak (NH_3);
- broeikasgassen (CO_2 , CH_4 , N_2O);
- geur;
- fijnstof.

Het tweede thema 'dierenwelzijn, diergezondheid en melkqualiteit' omvat:

- kennis over bepaalde parameters van het natuurlijke en afwijkende gedrag;
- beoordeling op uiergezondheid en klauwen;
- beoordeling van strobedding en melk op sporevormende bacteriën XTAS.

Het derde beoordelingscriterium 'mestkwaliteit, bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengst' kan onderverdeeld worden in:

- samenstelling mest (N, P, K, C, en snel opneembare componenten);
- bodemverbeteraar: organische stofopbouw, bodemleven (typen wormen, schimmels, pH);
- de opname van de toegediende meststikstof door de plant (N-recovery);
- gewasopbrengst bij gewassen in de melkveehouderij en akkerbouwrotaties: gras, maïs, aardappelen, suikerbieten, granen.

Literatuur

- Baars, 2000. Vlugschriften Louis Bolk Instituut, maart 2000, p. 25-26.
- Barberg, A.E., M.I. Endres, J.A. Salfer and J.K. Reneau, 2007a. Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. *Journal of Dairy Science*; 90(3):1575-83.
- Barberg, A.E., M.I. Endres and K.A. Janni, 2007b. Compost Dairy Barn in Minnesota: A descriptive study, *Applied Engineering in Agriculture*, 23(2): 231-238.
- Bramley, A.J., 1982. Sources of *Streptococcus uberis* in the dairy herd. I. Isolation from bovine faeces and from straw bedding of cattle. *J. Dairy Res.* 49:369-373.
- Bramley, A.J. and F.H. Dodd, 1984. Reviews of the progress of dairy science: Mastitis control – progress and prospects. *J. Dairy Res.* 51:481-521.
- Berry, E.A. Mastitis incidence in straw yards and cubicles. *Veterinary Record* 1998;142(19):517-518.
- Chadwick, D.R., F. John, B.F. Pain, B.J. Chambers, and J. Williams, 2000. Plant uptake of nitrogen from the organic nitrogen fraction of animal manures: a laboratory experiment. *Journal of Agricultural Science* 134(2), 159-168.
- Driehuis, F., E. Lucas-van den Bos, A. Wagendorp en M.H.J. Wells-Bennik, 2014. Sporen van thermofiele aërobe sporenvormers in compost en andere beddingmaterialen bij melkveebedrijven met een vrijloop- of ligboxenstal. NIZO-rapport E2014/045.
- Ekinci, K., H.M. Keener and D.L. Elwell, 1998. Composting short paper fiber with broiler litter and additives – alum, HiClay alumina and sulfuric acid: I. effects of initial pH and carbon/nitrogen ratio on ammonia emission. In: ASAE Annual International Meeting. Orlando, Florida, USA. p. 21.
- Galama, P.J., H.C. de Boer, H.J.C. van Dooren, W. Ouweltjes en J.J. Poelarends, 2014. Vrijloopstallen voor melkvee in de praktijk. E-book.
- Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1993. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen X: potstal voor melkvee. DLO-Rapport 93-1005.
- Groenestein, C.M. en J.W.H. Huis in 't Veld, 1994. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen XV: potstal voor zoogkoeien. DLO-Rapport 94-1006.
- Groenestein, C.M., L.A. den Hartog and J.H.M. Metz, 2006. Potential Ammonia Emissions from Straw Bedding, Slurry Pit and Concrete. Floors in a Group-housing System for Sows *Biosystems Engineering* 95 (2), 235–243.
- Havermans, M., 2014. Persoonlijk mededeling.
- Hogan, J.S., K.L. Smith, K.H. Hoblet, D.A. Todhunter, P.S. Schoenberger, W.D. Hueston, D.E. Pritchard, G.L. Bowman, L.E. Heider, B.L. Brockett and H.R. Conrad, 1989. Bacterial counts in bedding materials used on nine commercial dairies. *J. Dairy Sci.* 72:250-258.
- Hogan, J.S. and K.L. Smith, 2003. Environmental Streptococcal mastitis: Facts, fables and Fallacies. National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings. Ohio Agricultural Research and Development Center: 162-171.
- Husted S., 1994. Seasonal variation in methane emission from stored slurry and solid manures. *J. Environ. Qual.* 23: 585–592.
- Kasper, G.J. and P. Galama, 2015. Bodembeoordelaar, Livestock Research rapport 909. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, 71 pp.
- Misselbrook, T.H. and J.M. Powell. 2005. Influence of bedding material on ammonia emissions from cattle excreta. *J. Dairy Sc.* 88, 4304-4312.
- Monteny, G.-J., A. Bannink and D. Chadwick, 2006. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112(2-3), 163-170.
- Mosquera, J., J.M.G. Hol en J.W.H Huis in 't Veld, 2005^a. Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee I; Stal. *Agrotechnology & Food Innovations B.V.*, Rapport 324, 58 pp.
- Mosquera, J., P. Hofschreuder en J.M.G. Hol, 2005^b. Onderzoek naar de emissies van een natuurlijk geventileerde potstal voor melkvee II; Mestopslag buiten de stal. *Agrotechnology & Food Innovations B.V.*, Rapport 325, 26 pp.

-
- Oomen, G., 2013. Op weg naar de beste weg. Nieuw onderzoek laat zien wat er precies met mest gebeurt. *Ekoland*, dec. 2013, p. 22-23.
- Ouweltjes, W. and G. Smolders, 2014. On farm development of bedded pack dairy barns in The Netherlands. Wageningen UR Livestock Research, Report 708, 36 pp.
- Poincelot, R.P., 1974. A scientific examination of the principles and practice of composting. *Compost Science* 15(3), 24-31.
- Shah, G.M., 2013. Strategies to reduce losses and improve utilisation of nitrogen from solid cattle manure. Thesis, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands, 156 pp.
- Smeding, F. en J. Langhout, 2006. Riet voor stro. *Natuurstrooisel in de potstal*. Louis Bolk Instituut, Publicatie LV 61, 40 pp.
- Sommer, S.G., S.O. Petersen and H.B. Møller, 2004. Algorithms for calculating methane and nitrous oxide emissions from manure management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 69: 143–154.
- Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, jaargang 2015. Besluit 266, Besluit van 25 juni 2015, houdende regels met betrekking tot emissiearme huisvestingssystemen voor landbouwhuisdieren (Besluit emissiearme huisvesting).
- Szanto, G.L., 2011. NH₃ dynamics in composting. Assessment of the integration of composting in manure management chains. Thesis, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands, 134 pp.
- Szanto, G.L., 2014. Persoonlijke mededeling.
- Szanto, G.L., G.J. Kasper, V. de Wilde en P. Galama, 2015. Technische evaluatie van potentiële bodemmaterialen voor vrijloopstallen. *Livestock Research Rapport 890*, Wageningen UR Livestock Research, Wageningen, 46 pp.
- Verboom, B.J., 2015. Indiener SBIR reductie van ammoniakemissie in de drainstal.
- Viaene, J., V. Nelissen, B. Reubens, B. Vandecasteele en K. Willekens, 2015. *Optimanure*. Optimaliseren van de opslag en behandeling van vaste rundermest via compostering of inkuielen. Rapport 1: Procesverloop en productkwaliteit. ILVO, 77 pp.
- Vitali, A., A. Nardone, S. Lo Presti, T. Schipani and N. Lacetera, 2014. Housing system in dairy cowfarms affects greenhouse gas emissions from manure.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Wageningen UR Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

