



NPK balans, N-verlies en beddingsamenstelling van vrijloopstal Hoogland in 2014

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Provincie Utrecht

Herman de Boer



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

NPK balans, N-verlies en beddingsamenstelling van vrijloopstal Hoogland in 2014

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Provincie Utrecht



PROVINCIE  UTRECHT

Herman de Boer

Wageningen UR Livestock Research
Wageningen, augustus 2015

Livestock Research Rapport 886



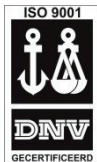
LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN 

De Boer, Herman, 2015. *NPK balans, N-verlies en beddingsamenstelling van vrijloopstal Hoogland in 2014*. Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 886. 24 blz.

© 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 gedeponereerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

| | |
|---|-----------|
| Woord vooraf | 5 |
| Samenvatting | 7 |
| 1 Inleiding | 9 |
| 2 Materiaal & methoden | 10 |
| 2.1 Beschrijving stal en stalvloer | 10 |
| 2.2 Beddingmanagement | 10 |
| 2.3 Gegevensverzameling | 11 |
| 2.3.1 Gegevensverzameling door de melkveehouder | 11 |
| 2.3.2 Gegevensverzameling bij een bedrijfsbezoek | 11 |
| 2.4 Methodiek voor berekening NPK-balans en N-verlies uit de stal | 11 |
| 2.5 Metingen en berekeningen per balanspost | 13 |
| 2.5.1 NPK _{strooisel} | 13 |
| 2.5.2 NPK _{ruwvoer} | 13 |
| 2.5.3 NPK _{krachtvoer} | 13 |
| 2.5.4 NPK _{drijfmest} | 13 |
| 2.5.5 NPK _{bedding} | 14 |
| 2.5.6 NPK _{melk} | 14 |
| 2.5.7 NPK _{dieren} | 15 |
| 3 Resultaten | 16 |
| 3.1 Beddingeigenschappen | 16 |
| 3.1.1 Beddingtemperatuur | 16 |
| 3.1.2 Beddinghoogte | 16 |
| 3.2 Aantal dieren | 17 |
| 3.3 Resultaten per balanspost | 17 |
| 3.3.1 NPK _{strooisel} | 17 |
| 3.3.2 NPK _{ruwvoer} | 18 |
| 3.3.3 NPK _{krachtvoer} | 18 |
| 3.3.4 NPK _{drijfmest} | 18 |
| 3.3.5 NPK _{bedding} | 18 |
| 3.3.6 NPK _{melk} | 19 |
| 3.3.7 NPK _{dieren} | 19 |
| 3.4 NPK balans en N-verlies | 19 |
| 4 Discussie | 21 |
| 4.1 Effect afwijkingen op P- en K-balans op N-verlies | 21 |
| 4.2 Niveau N-verlies vrijloopstal Hoogland | 21 |
| 5 Conclusies | 23 |
| Referenties | 24 |

Woord vooraf

Wij danken de familie Hoogland voor het ter beschikking stellen van hun bedrijf, hun bedrijfsgegevens en het uitvoeren van de metingen; en Klaas Blanken (Livestock Research) voor het uitvoeren van de bedrijfsbezoeken. Het onderzoek in dit rapport werd uitgevoerd in opdracht van de Provincie Utrecht.

Paul Galama

Projectleider onderzoek Vrijloopstallen

Samenvatting

Een aantal Nederlandse melkveehouders stapt de laatste jaren over van een ligboxenstal met roostervloer naar een vrijloopstal zonder boxen en met een organische bedding. Een belangrijke reden voor deze overstap is het realiseren van een beter dierenwelzijn in de stal. Naast een beter dierenwelzijn heeft de overstap ook andere effecten, waaronder op de stikstofkringloop op het bedrijf. Stikstof (N) verdwijnt uit deze kringloop onder andere door vervluchtiging uit de stal, uit de mestopslag en na het uitrijden van mest op het land. N kan vervluchtigen in de vorm van ammoniak (NH_3), lachgas (N_2O), stikstofgas (N_2) en overige stikstofoxiden (NO_x). De vervluchtiging van ammoniak kan bijdragen aan verzuring en eutrofiëring van de natuur en vervluchtiging van lachgas aan opwarming van de aarde. De vervluchtiging van stikstofgas heeft geen directe negatieve effecten op de omgeving. Echter, door het verdwijnen van N uit de bedrijfskringloop moet er wel meer N op het bedrijf aangevoerd worden om de productiviteit van de bodem, de gewassen en de koeien op niveau te houden. Gebeurt dit met dierlijke mest of kunstmest, dan leidt dit alsnog tot een hogere milieubelasting. Gezien de bovenstaande consequenties is het wenselijk om de N-vervluchtiging op het melkveebedrijf zo laag mogelijk te houden.

Vrijloopstallen verschillen o.a. in het type gebruikt strooisel en het management van de bedding. Daardoor kunnen er grote verschillen zijn in N-verlies tussen vrijloopstallen. Het onderzoek in dit rapport richtte zich op het vaststellen van het N-verlies door vervluchtiging uit de vrijloopstal van de familie Hoogland in Montfoort (Utrecht). De vloer van deze stal bestond uit een deel houtsnipperbedding (liggedeelte) en een deel roostervloer (loopgedeelte). De houtsnipperbedding werd gecomposteerd bij een temperatuur van 50 tot 60°C. Tijdens de compostering werd er via de stalvloer buitenlucht door de bedding geblazen. Het onderzoek had de volgende doelen: 1) vaststellen van het niveau van N-vervluchtiging uit deze stal; 2) vaststellen van de N-vervluchtiging inclusief het uitrijden van mest op het land; 3) vergelijking van het niveau van N-vervluchtiging van deze stal met het niveau van een referentie ligboxenstal. De N-vervluchtiging werd vastgesteld door het berekenen van de N, P (fosfor) en K (kalium) balans over een periode van ruim vijf maanden (zonder winterperiode).

NPK werd in de stal aangevoerd met houtsnippers, ruwvoer en krachtvoer, en vastgelegd in de bedding, drijfmest, melk en dieren. Het verschil tussen aangevoerde en vastgelegde N was het N-verlies. Om de benodigde gegevens te verzamelen werd het bedrijf bij de start en het einde van de balansperiode bezocht door een medewerker van Livestock Research. Tijdens beide bezoeken werd de aanwezige hoeveelheid bedding en drijfmest gemeten en bemonsterd. Door de melkveehouder werden de aanwezige aantallen dieren per diercategorie bijgehouden, evenals de gevoerde rantsoenen, de hoeveelheden aangevoerde houtsnippers en het toegepaste beddingmanagement. De melkveehouder bepaalde ook iedere drie dagen de beddinghoogte en -temperatuur. De hoeveelheid geproduceerde melk was afkomstig van de overzichten van de melkfabriek. Met de verzamelde gegevens werd de NPK-balans en het N-verlies berekend.

Het N-verlies uit de stal tijdens de balansperiode was 1117 kg N, 27% van de N-excretie met mest in de stal. Dit verlies was lager dan het gemiddelde van het N-verlies gemeten aan andere vrijloopstallen maar duidelijk hoger dan het N-verlies van de meest vergelijkbare vrijloopstal met compostering van houtsnippers op hogere temperatuur (19%), en ook aanzienlijk hoger dan het N-verlies van een referentie ligboxenstal (11%). Oorzaken van dit hogere verlies waren mogelijk een onvoldoende menging van de bedding en te hoge piektemperaturen tijdens de compostering (oplopend tot boven de 60°C). Inclusief de N-vervluchtiging na het uitrijden van drijfmest en compost op het land was het N-verlies uit vrijloopstal Hoogland 32% van de N-excretie in de stal, duidelijk hoger vergeleken met het N-verlies van de referentie ligboxenstal (19%). Het N-verlies uit vrijloopstal Hoogland had mogelijk verlaagd kunnen worden door de bedding dagelijks te frezen in plaats van los te trekken met de cultivator, en door de composteringstemperatuur tussen de 50 tot 55°C te houden.

1 Inleiding

Een aantal Nederlandse melkveehouders stapt de laatste jaren over van een ligboxenstal met roostervloer naar een vrijloopstal zonder boxen en met een organische bedding. Een belangrijke reden voor deze overstap is het realiseren van een beter dierenwelzijn in de stal. Naast een beter dierenwelzijn heeft de overstap ook andere effecten, waaronder op de stikstofkringloop op het bedrijf. Stikstof (N) verdwijnt uit deze kringloop onder andere door vervluchtiging uit de stal, uit de mestopslag en na het uitrijden van mest op het land. N kan vervluchtigen in de vorm van ammoniak (NH_3), lachgas (N_2O), stikstofgas (N_2) en overige stikstofoxiden (NO_x). De vervluchtiging van ammoniak kan bijdragen aan verzuring en eutrofiëring van de natuur en vervluchtiging van lachgas aan opwarming van de aarde. De vervluchtiging van stikstofgas heeft geen directe negatieve effecten op de omgeving. Echter, door het verdwijnen van N uit de bedrijfskringloop moet er wel meer N op het bedrijf aangevoerd worden om de productiviteit van de bodem, de gewassen en de koeien op niveau te houden. Gebeurt dit met dierlijke mest of kunstmest, dan leidt dit alsnog tot een hogere milieubelasting. Gezien de bovenstaande consequenties is het wenselijk om de N-vervluchtiging op het melkveebedrijf zo laag mogelijk te houden.

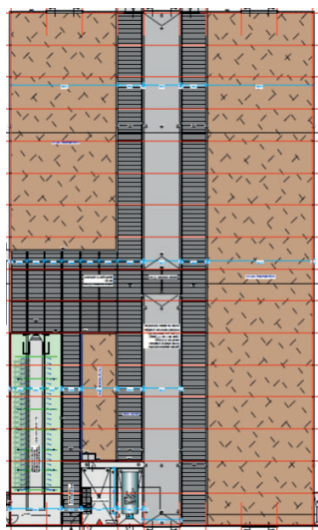
Om inzicht te krijgen in milieu- en productiviteitseffecten van de omschakeling van een ligboxenstal naar een vrijloopstal is het dus nodig om inzicht te krijgen in de hoeveelheid N die vervluchtigt uit de vrijloopstal en deze te vergelijken met de ligboxenstal. N vervluchtigt niet alleen uit de stal maar ook na het uitrijden van mest uit de stal op het land. Een stalsysteem met een relatief lage N-vervluchtiging direct uit de stal kan een relatief hoge N-vervluchtiging na mesttoediening hebben, en omgekeerd. Bij de ligboxenstal met productie van drijfmest wordt bijna de helft van de totale N-vervluchtiging (stal + land) na het emissiearm uitrijden van de mest op het land gerealiseerd (zie paragraaf 2.4). Om een meer volledig en betrouwbaar beeld te hebben van de N-vervluchtiging van een stalsysteem is het daarom gewenst om de N-vervluchtiging direct uit de stal en na mestaanwending gezamenlijk te beoordelen.

Vrijloopstallen verschillen o.a. in het type gebruikt strooisel en het management van de bedding. Daardoor kunnen er grote verschillen zijn in N-verlies tussen vrijloopstallen (De Boer, 2015). Het onderzoek in dit rapport richtte zich op het vaststellen van het N-verlies door vervluchtiging uit de vrijloopstal van de familie Hoogland in Montfoort (Utrecht). De vloer van deze stal bestond uit een deel houtsnipperbedding (liggedeelte) en een deel roostervloer (loopgedeelte). De houtsnipperbedding werd gecomposteerd bij een temperatuur van 50 tot 60°C. Tijdens de compostering werd er via de stalvloer buitenlucht door de bedding geblazen. Het onderzoek had de volgende doelen: 1) vaststellen van het niveau van N-vervluchtiging uit deze stal; 2) vaststellen van de N-vervluchtiging inclusief het uitrijden van mest op het land; 3) vergelijking van het niveau van N-vervluchtiging van deze stal met het niveau van een referentie ligboxenstal. De N-vervluchtiging werd vastgesteld door het berekenen van de N, P (fosfor) en K (kalium) balans over een periode van ruim vijf maanden (zonder winterperiode).

2 Materiaal & methoden

2.1 Beschrijving stal en stalvloer

Vrijloopstal Hoogland bestond uit meerdere oppervlakten bedding en roostervloer (Figuur 1). De NPK-balans in deze rapportage werd niet berekend voor de hele stal maar alleen voor het linkerdeel. Dit deel bestond uit een vrijloopbedding achteraan, met daarnaast en daarvoor roostervloer, doorlopend tot het melkgedeelte. De drijfmestkelder onder de roostervloer in het linkerdeel van de stal was gescheiden van de drijfmestkelder in het rechterdeel. De scheiding tussen beide kelders liep in het midden van de stal onder de voergang. In het linker staldeel liepen alleen melkgevendende koeien. De melkgevendende koeien in het rechter staldeel droegen bij aan de drijfmestproductie in het linker staldeel op het moment dat ze via de oversteek op het midden van de voergang de melkstal bezochten. In het linker staldeel was de oppervlakte van de bedding 493 m², van de roostervloer 400 m² en van de drijfmestkelder 740 m². De oppervlakte van de drijfmestkelder was groter dan van de roostervloer omdat ook de voergang onderkelderd was. Tijdens de metingen bleven de koeien op stal en was er geen weidegang.



Figuur 1 *Plattegrond van vrijloopstal Hoogland, met in het midden de voergang (lichtgrijs) met oversteek voor de melkkoeien (donkergrijs gearceerd), links achteraan de onderzochte vrijloopbedding (bruin) en daarnaast en daarvoor de bijbehorende roostervloer (donkergrijs gearceerd)*

Onder de bedding lag een gestorte betonnen vloer met daarin beluchtingsbuizen. Deze buizen lagen in de lengterichting van de stal, op een onderlinge afstand van 90 cm, met beluchtingsgaatjes in de buizen op een onderlinge afstand van 90 cm. Dit gaf gemiddeld één beluchtingsgaatje per 0,81 m². Met een centrale ventilator werd buitenlucht via de beluchtingsgaatjes door de bedding geblazen.

2.2 Beddingmanagement

De bedding bestond uit houtsnippers die werden gecomposteerd. Het doel van de compostering was vooral om vocht uit de bedding te verdampen en deze daarmee, vooral tijdens de winterperiode, voldoende droog te houden. De compostering startte met de aanvoer van een laag verse houtsnippers met een hoogte van een halve meter. Iedere 12 uur werd er 20 minuten lang lucht door de bedding geblazen. Door beluchting wordt zuurstof in de bedding gebracht en waterdamp uit de bedding geblazen. De bedding werd iedere dag bewerkt door deze met een triltandcultivator tot aan de

betonvloer los te trekken. Later tijdens de balansperiode werd een kleine partij houtsnippers aangevoerd om de compostingsenergie in de bedding aan te vullen.

2.3 Gegevensverzameling

De N-, P- en K-balans (afgekort NPK-balans) werd berekend voor de periode tussen 7 april en 16 september 2014. De balansperiode duurde daarmee ruim vijf maanden (162 dagen) en bevatte geen winterperiode. Om de NPK-balans te berekenen en het compostingsproces te volgen werden er op het bedrijf metingen uitgevoerd en gegevens verzameld. Een deel van de metingen werd door de melkveehouder uitgevoerd, de rest door een medewerker van Livestock Research.

2.3.1 Gegevensverzameling door de melkveehouder

Om inzicht te krijgen in het verloop van het compostingsproces werd door de melkveehouder iedere drie dagen de beddingtemperatuur en beddinghoogte gemeten. De temperatuur werd gemeten op een diepte van 5, 15, 30 en 45 cm met een temperatuurmeter, bestaande uit een Testo 110 meetunit en een speciaal gemaakte stevige stalen insteekvoeler (Testo, Almere). De voeler had een totale lengte van 1,0 m en een diameter van 12 mm; de tip van de voeler had een lengte van 16 mm en een diameter van 5 mm. De opnemer in de tip van de voeler was temperatuurgeïsoleerd van de rest van de voeler. De beddingtemperatuur en beddinghoogte werden gemeten op de diagonale lijn van de bedding (van de ene hoek naar de andere), op vier plaatsen op regelmatige afstand van elkaar.

De melkveehouder hield daarnaast voor het linker staldeel de volgende gegevens bij:

- het dagelijkse aantal aanwezige dieren per diercategorie
- het dagelijks gevoerde ruwvoerrantsoen (hoeveelheid en samenstelling)
- het dagelijks gevoerde krachtvoerrantsoen (hoeveelheid en samenstelling)
- de aanvoer van houtsnippers (hoeveelheid en aanvoerdatum)
- de afvoer van drijfmest uit de linker drijfmestkelder (volume en afvoerdatum)
- het dagelijkse regime van beddingmanagement (beluchting en bewerking)

2.3.2 Gegevensverzameling bij een bedrijfsbezoek

Op de start- en einddatum van de balansperiode werd het bedrijf bezocht door een medewerker van Livestock Research. Tijdens beide bezoeken werden beddinghoogte en -bulkdictheid gemeten en werd de bedding bemonsterd. Ook werd het drijfmestpeil in de linker drijfmestkelder gemeten en werd deze drijfmest bemonsterd. De gevolgde methodiek bij de bovenstaande metingen is beschreven bij de berekening van de balanspost waarvoor deze meting nodig was (paragraaf 2.5).

2.4 Methodiek voor berekening NPK-balans en N-verlies uit de stal

De NPK-balans over de balansperiode werd berekend als het verschil tussen de totale hoeveelheid NPK die in het linker staldeel werd aangevoerd minus de hoeveelheid NPK die in het linker staldeel werd vastgelegd. NPK werd aangevoerd met de balansposten strooisel, ruwvoer en krachtvoer, en vastgelegd in de balansposten drijfmest, bedding, melk en dieren. In formulevorm:

$$\begin{aligned} \text{NPK-balans} &= \text{NPK-aanvoer} - \text{NPK-vastlegging} \\ \text{NPK-aanvoer} &= \text{NPK}_{\text{strooisel}} + \text{NPK}_{\text{ruwvoer}} + \text{NPK}_{\text{krachtvoer}} \\ \text{NPK-vastlegging} &= \text{NPK}_{\text{drijfmest}} + \text{NPK}_{\text{bedding}} + \text{NPK}_{\text{melk}} + \text{NPK}_{\text{dieren}} \end{aligned}$$

De hoeveelheden NPK per balanspost werden berekend met behulp van de gemeten en verzamelde gegevens (paragraaf 2.5). De PK-balans werd op dezelfde manier berekend als de N-balans. Omdat P en K niet uit de stal verloren gaan door vervluchtiging of uitspoeling, hoort bij deze balansen de vastlegging gelijk te zijn aan de aanvoer. Een overschot of tekort op de P- of K-balans is het gevolg

van fouten bij het verzamelen van de gegevens. Omdat de gegevens voor de P- en K-balans op dezelfde manier werden verzameld als de gegevens voor de N-balans, en de balansen op dezelfde manier werden berekend, is de meetfout voor de drie balansen waarschijnlijk grotendeels vergelijkbaar. Afwijkingen op de P- en K-balans kunnen daarom gebruikt worden om de N-balans te corrigeren voor meetfouten. Verwacht werd dat met deze correctie het N-verlies nauwkeuriger berekend kon worden dan zonder correctie. Er is geen standaard aanpak om deze correctie uit te voeren. In dit onderzoek is de keuze gemaakt om een afwijking op de P-balans te gebruiken om de P-balans te corrigeren, een afwijking op de K-balans om de K-balans te corrigeren, en het gemiddelde van de afwijking op de P- en K-balans om de N-balans te corrigeren. Omdat het niveau van meetfout per balanspost niet bekend was, werd de keuze gemaakt om de correctie voor de totale afwijking op de balans evenredig te verdelen over de balansposten. De P- en K-balans werden gecorrigeerd door zowel de totale aanvoer als de totale vastlegging met de helft van de geconstateerde afwijking te corrigeren. Een voorbeeld: bij een overschot op de P balans van 10% werd de totale P-aanvoer met 5% verhoogd en de P-vastlegging met 5% verlaagd. De P-aanvoerposten werd hiervoor vermenigvuldigd met factor 1,05 en de P-vastleggingsposten met factor 0,95. Voor correctie van de N-aanvoerposten en N-vastleggingsposten werden het gemiddelde van de correctiefactoren voor de P- en K-balans gebruikt, voor zowel de aanvoerposten als de vastleggingsposten.

Het verschil tussen de gecorrigeerde N-aanvoer en gecorrigeerde N-vastlegging is het N-verlies door vervluchtiging uit de stal, zowel uit de bedding als ook vanaf de roostervloer en uit de drijfmestkelder. Het N-verlies kan op verschillende manieren worden uitgedrukt, bijvoorbeeld om aan te sluiten bij het uitdrukken van N-verlies voor andere staltypen maar ook om een duidelijker beeld te krijgen van de betekenis van het niveau. N-verlies werd daarom uitgedrukt als percentage van de N-aanvoer op de stalvloer, als percentage van N-excretie met mest op de stalvloer en per kg geproduceerde melk. N-verlies uitgedrukt als percentage van de N-aanvoer op de stalvloer geeft een indruk hoeveel van de op de vloer aanwezige N verloren gaat. N-aanvoer op de stalvloer tijdens de balansperiode werd berekend als: $N_{\text{strooisel}} + N_{\text{excretie}}$. N_{excretie} werd berekend als: $N_{\text{ruwvoer}} + N_{\text{krachtvoer}} - N_{\text{melk}} - N_{\text{dieren}}$. Deze berekeningen werden uitgevoerd op basis van de gecorrigeerde N-balans. N-verlies uitgedrukt als percentage van N-excretie geeft de mogelijkheid tot snelle vergelijking van het N-verlies uit een referentie ligboxenstal. N-verlies door vervluchtiging uit de ligboxenstal wordt meestal uitgedrukt in kg N per dierplaats per jaar. De term 'dierplaats' is echter wat algemeen gedefinieerd en houdt geen rekening met het niveau van melkproductie van de dieren. Dit is wel het geval bij het uitdrukken van N-verlies per kg melk. Een kanttekening hierbij is dat er niet zuiver vergeleken kan worden tussen vrijloopstallen met verschillen in de bezettingsgraad van jongvee (N.B.: jongvee produceert geen melk maar draagt wel bij aan het N-verlies uit de stal). De PK-excretie in de stal werd op dezelfde manier berekend als de N-excretie.

De N-vervluchtiging uit een referentie ligboxenstal (met jaarrond opstallen) werd berekend op 10,6% van de N-excretie op basis van Velthof et al. (2009), gecorrigeerd voor het effect van de recente verhoging van de referentie NH₃-emissiefactor met 23% (Ogink, 2012). N vervluchtigt niet alleen direct uit de stal, maar ook tijdens en na het uitrijden van de mest op het land¹. Het is daarom noodzakelijk om bij de beoordeling van b.v. de milieubelasting van een stal de vervluchtiging uit de stal en na aanwending van mest op het land gezamenlijk te beoordelen. Daarom werd voor vrijloopstal Hoogland een indicatieve berekening gemaakt van de N-vervluchtiging inclusief het uitrijden van mest op het land. Deze vervluchtiging werd vergeleken met de totale N-vervluchtiging van de referentie ligboxenstal. De (indicatieve) N-vervluchtiging na het emissiearm uitrijden (zodembemesten) van drijfmest op grasland werd op basis van Velthof et al. (2009) berekend op 9,6% van de N in uit te rijden drijfmest en op 8,5% van de N-excretie in de stal. De totale N-vervluchtiging bij de referentie ligboxenstal werd daarmee berekend op 19,1% van de N-excretie. Dat betekent dat bijna de helft (45%) van de totale vervluchtiging na het uitrijden van mest plaats heeft. De verwachte N-vervluchtiging na het uitrijden van (stabiele) vrijloopstalcompost op het land is verwaarloosbaar klein (De Boer, 2013). Op basis van de hoeveelheid aanwezige N in drijfmest en compost werd voor

¹ Er kan ook N-vervluchtiging optreden wanneer de vrijloopstalcompost tijdelijk op het erf wordt opgeslagen. Het niveau van deze vervluchtiging is niet bekend en deze mogelijke bijdrage is voorlopig buiten beschouwing gelaten

de vrijloopstal de indicatieve N-vervluchtiging bij het uitrijden op grasland berekend als: $N_{\text{bedding}} * 0 + N_{\text{drijfmest}} * 0,096$.

2.5 Metingen en berekeningen per balanspost

2.5.1 $NPK_{\text{strooisel}}$

De hoeveelheid NPK die in het linker staldeel werd aangevoerd met strooisel werd berekend als: hoeveelheid strooisel * NPK-gehalte strooisel. Strooisel bestond bij vrijloopstal Hoogland uit (verse) loofhoutsnippen. Op 4 april, drie dagen voor de start van de balansperiode, werd een grote partij houtsnippers op de lege beddingvloer gebracht. Deze hoeveelheid werd berekend als: hoogte bedding * bulkdichtheid bedding * oppervlakte bedding. Beddinghoogte en -bulkdichtheid werden gemeten tijdens het bedrijfsbezoek van 7 april (paragraaf 2.5.5). Op 20 augustus werd nog een kleine partij houtsnippers aangevoerd. Beide partijen houtsnippers werden bemonsterd en de monsters werden door het ETE servicelaboratorium (vakgroep Milieutechnologie, Wageningen) geanalyseerd op drogestof, as, totaal N, totaal P, totaal K en totaal C.

2.5.2 NPK_{ruwvoer}

De hoeveelheid NPK aangevoerd met ruwvoer werd voor het linker staldeel berekend als: hoeveelheid gevoerd product per ruwvoersoort * NPK-gehalten per ruwvoersoort. Het ruwvoer bestond uit graskuil, snijmaïskuil en gerststro. De gevoerde hoeveelheden werden door de melkveehouder per soort gewogen in de voermengwagen en per dag bijgehouden. De NPK-gehalten van de graskuil en snijmaïskuil waren bepaald door Blgg AgroXpertus (Wageningen); voor gerststro werden de NPK-gehalten uit de Veevoedertabel gebruikt (CVB, 2011).

2.5.3 $NPK_{\text{krachtvoer}}$

Het gevoerde krachtvoer bestond uit vochtrijk krachtvoer en mengvoer. De hoeveelheid NPK aangevoerd met vochtrijk krachtvoer werd voor het linker staldeel berekend als: hoeveelheid gevoerd product per soort * NPK-gehalten per soort. Het vochtrijke krachtvoer bestond uit voorgebakken aardappelsnippen en bierbostel. De gevoerde hoeveelheden werden door de melkveehouder per soort gewogen in de voermengwagen en per dag bijgehouden. Voor de voorgebakken aardappelsnippen (RVET 120 - 180) en bierbostel (traditioneel proces, 22% DS) werden de NPK-gehalten uit de Veevoedertabel gebruikt (CVB, 2011).

De hoeveelheid NPK die in het linker staldeel werd aangevoerd met mengvoer werd per dag berekend als: aantal aanwezige dieren * hoeveelheid verstrekt product * NPK-gehalten product. Het mengvoerverbruik uit de voersilo's werd door de melkveehouder per dag bijgehouden. Het mengvoer bestond uit een standaard melkveebrok met 940 VEM en 120 DVE. Het NPK-gehalte van deze brok werd opgevraagd bij de leverancier.

2.5.4 $NPK_{\text{drijfmest}}$

De hoeveelheid NPK die tijdens de balansperiode werd vastgelegd in geproduceerde drijfmest in de linker drijfmestkelder werd berekend als: NPK in kelder einde balansperiode - NPK in kelder begin balansperiode + NPK in uitgereden drijfmest.

De hoeveelheid drijfmest en NPK aan het begin en einde van de balansperiode werd berekend als: drijfmestpeil * kelderoppervlak * dichtheid drijfmest * NPK-gehalte drijfmest. Het drijfmestpeil werd aan het begin en einde van de balansperiode gemeten op tien plaatsen verdeeld over het roosteroppervlak van de linker kelder. Op deze tien plaatsen werd de drijfmestlaag ook bemonsterd met een multisampler (lengte 1,8 m; diameter 35 mm) (Eijkelpark, Giesbeek). De multisampler werd

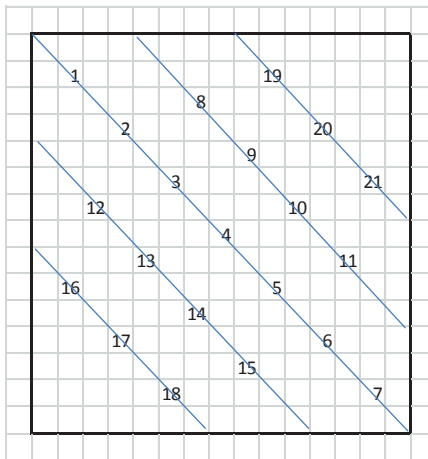
door de roosters gestoken om de monsters te kunnen nemen. De tien submonsters werden samengevoegd tot een verzamelmonster. De twee verzamelmonsters werden door het ETE servicelaboratorium geanalyseerd op: dichtheid, drogestof, as, totaal N, totaal P en totaal K. Het uitgereden volume drijfmest werd deels gemeten door de loonwerker en deels door de melkveehouder. Voor berekening van de uitgereden hoeveelheid NPK werd de gemiddelde drijfmestsamenstelling tijdens de balansperiode gebruikt.

De hoeveelheid NPK vastgelegd in de linker drijfmestkelder kan (licht) overschat zijn, omdat de koeien uit het rechter staldeel hier ook aan konden bijdragen tijdens bezoek van het melkgedeelte (paragraaf 2.1). Voor deze bijdrage werd niet gecorrigeerd.

2.5.5 NPK_{bedding}

De hoeveelheid NPK die werd vastgelegd in de bedding in het linker staldeel werd berekend als: hoogte bedding * oppervlakte bedding * bulkdichtheid bedding * NPK-gehalte bedding.

De beddinghoogte werd bij beide bedrijfsbezoeken gemeten op 21 posities verdeeld over het beddingoppervlak en daarna gemiddeld (Figuur 2).



Figuur 2 Meetpatroon voor bepaling van de gemiddelde beddinghoogte

De bulkdichtheid werd bij beide bedrijfsbezoeken gemeten op drie posities op de diagonale lijn van de bedding (posities 2, 4 en 6 in Figuur 2). De bulkdichtheid werd bepaald door een emmer met een volume van 5 L te vullen met beddingmateriaal en dit stevig aan te drukken. Het gewicht werd vervolgens gedeeld door het volume. De bulkdichtheid werd gemiddeld over de drie meetposities. Bij het laatste bedrijfsbezoek werd de bedding bemonsterd met een gutsboor (diameter 3,5 cm) (Eijkkamp, Giesbeek) in overeenstemming met het patroon in Figuur 2. De submonsters per meetpunt werden samengevoegd tot een verzamelmonster. Het verzamelmonster werd door het ETE servicelaboratorium in Wageningen geanalyseerd op: drogestof, as, totaal N, totaal P, totaal K, totaal C, $NH_4\text{-N}$, $NO_3\text{-N}$ en pH.

2.5.6 NPK_{melk}

De hoeveelheid NPK die in de vrijloopstal werd vastgelegd in geproduceerde melk werd berekend als: hoeveelheid aan de melkfabriek geleverde melk * NPK-gehalte melk. De geleverde hoeveelheden melk, het eiwitgehalte, vetgehalte en ureumgetal werden per drie dagen gemeten en geregistreerd door de melkfabriek. Deze gegevens werden voor de balansberekeningen overgenomen van de leveringsoverzichten. De geleverde hoeveelheid melk was van de hele veestapel en werd daarom gecorrigeerd voor het aandeel van de melkgevende koeien in het rechter staldeel. Op basis van de gegevens van de maandelijkse melkcontroles werd het totale aantal melkgevende koeien in de vrijloopstal tijdens de balansperiode berekend op gemiddeld 107. In het linker staldeel liepen tijdens

de balansperiode gemiddeld 52 melkgevende koeien. De hoeveelheid melk geproduceerd door de koeien in het linker staldeel werd vervolgens berekend als $(52 / 107) * \text{totale melkproductie over de balansperiode}$. Het N-gehalte in de geproduceerde melk werd berekend als: $\text{melkeiwitgehalte} * 15,7\%$ (CBS, 2011). Voor het P- en K-gehalte werd een standaardwaarde gebruikt van respectievelijk 1,0 en $1,6 \text{ g kg}^{-1}$ melk (CBS, 2011).

2.5.7 NPK_{dieren}

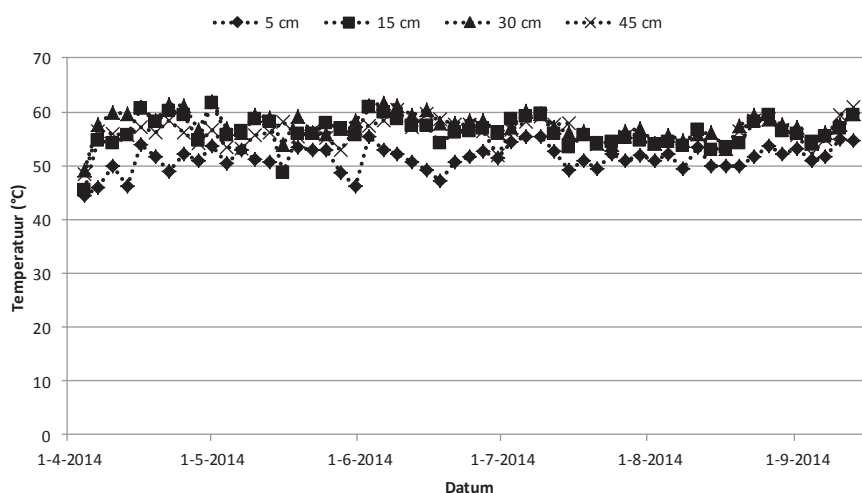
De hoeveelheid NPK vastgelegd in dieren kan bestaan uit NPK vastgelegd in geboren kalveren, in groeiende jonge dieren en in volwassen dieren. De NPK-vastlegging in geboren kalveren en groeiende dieren is verwaarloosbaar klein vergeleken met de andere vastleggingsposten op de balans (0,6 tot 1,2% van de totale vastlegging op de N-balans, 1,0 tot 1,8% op de P-balans en <0,1% op de K-balans). In volwassen, melkgevende koeien kan zowel sprake zijn van NPK-vastlegging als van NPK-mobilisatie. Dit is in de praktijk echter niet eenvoudig te meten. Verwacht mag worden dat er bij een normaal presterende veestapel over langere tijd er geen sprake is van NPK-vastlegging of -mobilisatie van betekenis. Op grond daarvan werd besloten de post 'NPK-vastlegging in dieren' op de balans op nul te zetten.

3 Resultaten

3.1 Beddingeigenschappen

3.1.1 Beddingtemperatuur

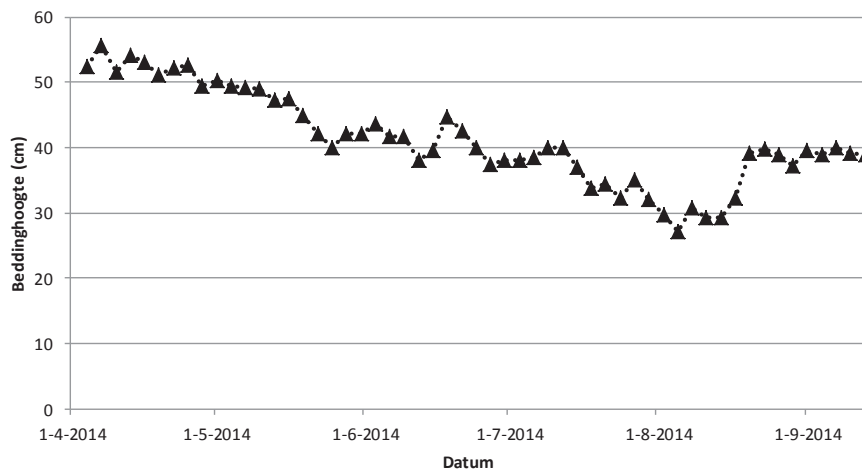
De temperatuur in de bedding varieerde tijdens de balansperiode tussen 44 en 55°C op 5 cm diepte, tussen 44 en 54°C op 15 cm diepte, tussen 45 en 62°C op 30 cm diepte en tussen 48 en 61°C op 45 cm diepte (Figuur 3). De temperatuur op 5 cm diepte was meestal wat lager dan dieper in de bedding, vanwege het afkoelende effect van de omgevingstemperatuur. De ontwikkeling van de temperatuur over de tijd laat zien dat de bedding over het algemeen goed composteerde, al kwam de temperatuur regelmatig boven de gewenste range van 50 tot 55°C en op enkele momenten zelfs boven de 60°C.



Figuur 3 Ontwikkeling van de composteringstemperatuur in de bedding van de vrijloopstal tijdens de balansperiode, op 5, 15, 30 en 45 cm diepte (ieder weergegeven punt is het gemiddelde van vier submetingen)

3.1.2 Beddinghoogte

De beddinghoogte nam tijdens de balansperiode af van 56 cm op 7 april tot 27 cm op 5 augustus. Tussen 17 en 20 augustus nam de beddinghoogte toe van 32 tot 39 cm als gevolg van de aanvoer van een partij houtsnippers. Daarna bleef de beddinghoogte tot het einde van de balansperiode constant op een niveau van 40 cm.



Figuur 4 Ontwikkeling van beddinghoogte in de vrijloopstal tijdens de balansperiode

3.2 Aantal dieren

Tijdens de balansperiode waren er constant 52 melkgevende koeien in het linker staldeel aanwezig.

3.3 Resultaten per balanspost

3.3.1 NPK_{strooisel}

De samenstelling van de aangevoerde houtsnippers is weergegeven in Tabel 1. In totaal werd tijdens de balansperiode 79 ton houtsnippers in het linker staldeel aangevoerd, met daarin 280 kg N, 39 kg P en 147 kg K (Tabel 2).

Tabel 1

Samenstelling van de aangevoerde houtsnippers op verschillende datums (in g kg⁻¹ product, behalve de berekende C/N-verhouding).

| Datum | Ds | As | N | P | K | C | C/N |
|------------|-----|----|------|------|------|-----|-----|
| 07-04-2014 | 543 | 22 | 3,28 | 0,49 | 1,89 | 277 | 85 |
| 20-08-2014 | 863 | 23 | 6,07 | 0,51 | 1,66 | 439 | 72 |

Tabel 2

Overzicht van de hoeveelheden aangevoerde houtsnippers en NPK in houtsnippers tijdens de balansperiode.

| Datum | Aanvoer (ton) | N (kg) | P (kg) | K (kg) |
|------------|---------------|--------|--------|--------|
| 07-04-2014 | 72 | 235 | 35 | 135 |
| 20-08-2014 | 7 | 45 | 4 | 12 |
| Totaal | 79 | 280 | 39 | 147 |

3.3.2 NPK_{ruwvoer}

De gemiddelde dagelijkse NPK aanvoer met ruwvoer werd berekend op 538 g N, 67 g P en 518 g K per koe. In totaal werd tijdens de balansperiode met ruwvoer 4529 kg N, 565 kg P en 4363 kg K in het linker staldeel aangevoerd.

3.3.3 NPK_{krachtvoer}

De gemiddelde dagelijkse NPK aanvoer met krachtvoer (vochtrijk krachtvoer en mengvoer) werd berekend op 126 g N, 21 g P en 53 g K per koe. In totaal werd tijdens de balansperiode met krachtvoer 1064 kg N, 177 kg P en 446 kg K in het linker staldeel aangevoerd.

3.3.4 NPK_{drijfmest}

De NPK-gehalten in de drijfmest waren aan het einde van de balansperiode aanzienlijk hoger dan aan het begin (Tabel 3). Als gevolg van het uitrijden van 673 ton drijfmest nam de hoeveelheid drijfmest in de linker kelder over de balansperiode netto af met 230 ton (Tabel 4). Met de uitgereden drijfmest werd 2090 kg N, 340 kg P en 2202 kg K uit de kelder afgevoerd. Inclusief de hoeveelheid uitgereden drijfmest werd in de linker kelder tijdens de balansperiode netto 2027 kg N, 389 kg P en 2373 kg K in drijfmest vastgelegd. Per koe was de gemiddelde dagelijkse drijfmestproductie 53 kg, met daarin 241 g N, 46 g P en 282 g K. Wat opvalt is dat de gehalten in de drijfmest bij de tweede bemonstering aanzienlijk hoger waren dan bij de eerste.

Tabel 3

Samenstelling van drijfmest in de linker drijfmestkelder aan het begin en einde van de balansperiode (in g kg⁻¹ product; dichtheid in kg l⁻¹).

| Datum | Dichtheid | DS | As | N | P | K |
|------------|-----------|------------------|----|------|------|------|
| 07-04-2014 | 1,02 | 51 | 12 | 2,49 | 0,35 | 2,40 |
| 16-09-2014 | 1,03 | 93 ¹⁾ | 19 | 3,72 | 0,66 | 4,14 |
| Gemiddelde | 1,02 | 72 | 15 | 3,10 | 0,51 | 3,27 |

¹⁾ De gehalten in de drijfmest waren bij de tweede bemonstering aanzienlijk hoger dan bij de eerste

Tabel 4

Hoeveelheid drijfmest en NPK in drijfmest in de linker drijfmestkelder aan het begin en einde van de balansperiode, de hoeveelheid uitgereden drijfmest en NPK, en de netto vastlegging van NPK in drijfmest tijdens de balansperiode.

| Datum | Hoogte (m) | Volume (m ³) | Hoeveelheid (ton) | N (kg) | P (kg) | K (kg) |
|-------------------|------------|--------------------------|-------------------|--------|--------|--------|
| 07-04-2014 | 0,86 | 635 | 647 | 1611 | 227 | 1553 |
| 16-09-2014 | 0,55 | 404 | 416 | 1548 | 275 | 1724 |
| Toename in kelder | | -231 | -230 | -63 | 48 | 171 |
| Uitgereden | | 657 | 673 | 2090 | 340 | 2202 |
| Vastgelegd | | | | 2027 | 389 | 2373 |

3.3.5 NPK_{bedding}

De NPK-gehalten in de bedding namen aanzienlijk toe tijdens de balansperiode (Tabel 5). Er werd tijdens de balansperiode geen bedding uit de stal gehaald. Aan het einde van de balansperiode was er 1092 kg N, 192 kg P en 1223 kg K in de bedding vastgelegd (Tabel 6).

Tabel 5

Samenstelling van de bedding aan het begin en einde van de balansperiode (in g kg⁻¹ product, behalve de berekende C/N-verhouding).

| Datum | Ds | As | N | P | K | C | C/N | NH ₄ -N | NO ₃ -N | pH |
|------------|-----|----|------|------|------|-----|-----|--------------------|--------------------|-----|
| 07-04-2014 | 543 | 22 | 3,28 | 0,49 | 1,89 | 277 | 85 | 0,03 | - ¹⁾ | - |
| 16-09-2014 | 446 | 71 | 11,9 | 2,09 | 13,3 | 191 | 16 | 0,34 | < 0,010 | 8,5 |

¹⁾ niet gemeten

Tabel 6

Hoeveelheid bedding en NPK in de bedding aan het einde van de balansperiode.

| Datum | Hoogte (m) | Hoeveelheid (ton) | N (kg) | P (kg) | K (kg) |
|------------|------------|-------------------|--------|--------|--------|
| 16-09-2014 | 0,35 | 92 | 1092 | 192 | 1223 |

3.3.6 NPK_{melk}

De gemiddelde melkproductie (excl. droogstand) tijdens de balansperiode van de melkgevende koeien in het linker staldeel werd berekend op 23,8 kg per koe per dag en 8672 kg per koe per jaar. De totale melkproductie over de balansperiode was 200151 kg, het gemiddelde eiwitgehalte 3,36%, het gemiddelde vetgehalte 4,29% en het gemiddelde ureumgetal 21. In totaal werd tijdens de balansperiode in het linker staldeel 1053 kg N, 200 kg P en 320 kg K in melk vastgelegd.

3.3.7 NPK_{dieren}

De NPK vastgelegd in dieren werd op nul gesteld (paragraaf 2.5.7).

3.4 NPK balans en N-verlies

De (ongecorrigeerde) NPK-balans is gegeven in Tabel 7. Bij de P-balans waren aanvoer en vastlegging in evenwicht; bij de K-balans was er een tekort van 1040 kg (21% van de K-aanvoer). Na correctie van de N-balansposten voor de afwijkingen op de PK-balans was het berekende N-verlies 1117 kg N (Tabel 8). Een overzicht van het N-verlies uitgedrukt op verschillende manieren is gegeven in Tabel 9.

Tabel 7

Ongecorrigeerde NPK balans van het linker staldeel over de balansperiode.

| Balanspost | N (kg) | P (kg) | K (kg) |
|--------------------------|--------|--------|--------|
| Aanvoer met houtsnippers | 280 | 39 | 147 |
| Aanvoer met ruwvoer | 4529 | 565 | 4363 |
| Aanvoer met krachtvoer | 1064 | 177 | 446 |
| Vastgelegd in drijfmest | 2027 | 389 | 2373 |
| Vastgelegd in bedding | 1092 | 192 | 1223 |
| Vastgelegd in melk | 1053 | 200 | 320 |
| Totale aanvoer | 5873 | 781 | 4957 |
| Totale vastlegging | 4172 | 781 | 3916 |
| Verlies | 1701 | -1 | 1040 |

Tabel 8

Gecorrigeerde NPK balans van het linker staldeel over de balansperiode.

| Balanspost | N (kg) | P (kg) | K (kg) |
|--------------------------|--------|--------|--------|
| Aanvoer met houtsnippers | 265 | 39 | 132 |
| Aanvoer met ruwvoer | 4292 | 565 | 3905 |
| Aanvoer met krachtvoer | 1008 | 177 | 399 |
| Vastgelegd in drijfmest | 2162 | 389 | 2688 |
| Vastgelegd in bedding | 1164 | 192 | 1385 |
| Vastgelegd in melk | 1122 | 200 | 363 |
| Totale aanvoer | 5565 | 781 | 4436 |
| Totale vastlegging | 4448 | 781 | 4436 |
| Verlies | 1117 | 0 | 0 |

Tabel 9

N-verlies uit het linker staldeel, uitgedrukt op verschillende manieren.

| N-verlies uitgedrukt in: | Waarde |
|--------------------------------|--------|
| % van totale N-aanvoer in stal | 20,1 |
| % van N-aanvoer op stalvloer | 25,1 |
| % van N-excretie op stalvloer | 26,7 |
| g N kg ⁻¹ melk | 5,6 |

Het N-verlies uit de stal en vanaf het land was voor het linker staldeel van vrijloopstal Hoogland over de hele balansperiode 32% van de N-excretie in de stal (Tabel 10). Dit was aanzienlijk hoger dan het N-verlies van 19% voor de referentie ligboxenstal (paragraaf 2.4).

Tabel 10

N-verlies uit de vrijloopstal (linker staldeel) en na uitrijden van mest op het land.

| Parameter | Waarde |
|---|--------|
| N-excretie in stal (kg) | 4178 |
| N-verlies in stal (kg) | 1117 |
| N-vastlegging in stal (kg) | 3326 |
| N-verlies op land (kg) | 208 |
| Totaal N-verlies stal + land (kg) | 1325 |
| Totaal N-verlies stal + land (% van N-excretie) | 31,7 |

4 Discussie

4.1 Effect afwijkingen op P- en K-balans op N-verlies

De afwijkingen op de P- en K-balans hadden een relatief groot effect op het berekende N-verlies. Het is daarom van belang deze afwijkingen en de gevolgen voor het verlies wat nader te beoordelen. Op de P-balans was geen afwijking aanwezig. De afwijking op de K-balans was met 21% relatief groot, maar valt nog in de range van afwijkingen gemeten bij andere balansen van vrijloopstallen (De Boer, 2015) en leek daarmee acceptabel. Datzelfde gold voor het gemiddelde van de afwijking op beide balansen (10%) die gebruikt werd om de N-balans te corrigeren.

4.2 Niveau N-verlies vrijloopstal Hoogland

Het N-verlies uit vrijloopstal Hoogland lag onder het gemiddelde van het N-verlies gemeten aan andere vrijloopstallen (Tabel 11) maar duidelijk hoger dan het N-verlies van een andere vrijloopstal met compostering van verse houtsnippers bij een temperatuur rond de 50°C (stal nr. 1, Tabel 11). Het N-verlies was ook aanzienlijk hoger dan uit de referentie ligboxenstal (11%).

Tabel 11

N-verlies uit vrijloopstallen, afgeleid van de N-balans en op verschillende manieren uitgedrukt.

| N-verlies uitgedrukt als: | Vrijloopstal ¹⁾ | | | | | | |
|------------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Hoogland | Nr. 1 | Nr. 3 | Nr. 4 | Nr. 5 | Nr. 8 | Nr. 9 |
| % van N-aanvoer op stalvloer | 25,1 | 17,1 | 21,0 | 22,9 | 35,3 | 33,6 | 21,6 |
| % van N-excretie in stal | 26,7 | 19,0 | 34,9 | 39,9 | 39,6 | 43,9 | 63,0 |
| g per kg geproduceerde melk | 5,6 | 3,1 | 5,0 | 5,8 | 8,1 | 13,5 | 7,9 |

¹⁾ gegevens van gecodeerde vrijloopstallen 1 t/m 9 afkomstig uit De Boer (2015)

Het hogere verlies vergeleken met stal nr. 1 kan verklaard worden door verschillen in de wijze van bewerking van de bedding en het verloop van de composteringstemperatuur. Het voornaamste doel van compostering van de bedding in een vrijloopstal is vochtverdamping. Daarnaast kan tijdens compostering de met mest uitgescheiden N in bacteriële biomassa in organische vorm vastgelegd worden, waardoor N-vervluchtiging verminderd wordt. Het mechanisme hierbij is dat de bacteriën (en andere microflora) de houtsnippers afbreken, groeien op de energie die vrijkomt tijdens de afbraak en de voor groei benodigde N uit de omgeving opnemen. Zolang er in verhouding tot opneembare N een overmaat aan beschikbare energie met houtsnippers wordt aangevoerd, zal de hoeveelheid beschikbare N in de bedding beperkend zijn voor bacteriegroei. Daardoor is er minder N beschikbaar voor vervluchtiging, direct als NH₃ of als N₂O en N₂ na het proces van nitrificatie en denitrificatie. De C/N-verhouding van de bedding is een grove maat voor de verhouding tussen beschikbare energie uit C en beschikbare N.

De composteringstemperatuur was tijdens de balansperiode relatief hoog en kwam enkele keren boven de 60°C. Een temperatuur boven de 60°C geeft een toename van de NH₃-emissie (Pagans et al., 2006), een afname van de bacteriële activiteit (Miyatake en Iwabuchi, 2005) en sterfte van bacteriën (Miyatake en Iwabuchi, 2005). Het optreden van deze processen kan bijgedragen hebben aan het relatief hoge niveau van N-verlies uit deze vrijloopstal.

Voor een maximale vastlegging van N uit mest in bacteriële biomassa is het van belang dat er voldoende energie met houtsnippers aangevoerd wordt, maar ook dat de bedding regelmatig goed gemengd wordt. Een goede menging wordt gerealiseerd met dagelijks frezen. Bij dagelijks alleen lostrekken worden C en N veel minder gemengd, waardoor er plaatselijk grote verschillen in C/N-

verhouding kunnen ontstaan. Op plekken met een relatief lage C/N-verhouding zal eerder N-verlies ontstaan, waardoor het niveau van N-verlies voor de hele stal kan toenemen. Door dagelijks te frezen tot maximale diepte (25 tot 30 cm) en te composteren bij een lagere temperatuur had het N-verlies van vrijloopstal Hoogland mogelijk op een lager niveau gehouden kunnen worden.

5 Conclusies

- Vrijloopstal Hoogland had tijdens een balansperiode van ruim vijf maanden (zonder winterperiode) een N-verlies uit de stal van 27% van de N-excretie in de stal. Dit verlies was hoger dan het verlies van een eerder berekende balans van een vrijloopstal met deels vergelijkbare composteringaanpak (19%) en hoger dan het verlies uit een referentie ligboxenstal (11%)
- Inclusief de N-vervluchtiging na het uitrijden van drijfmest en compost op het land was het N-verlies door vervluchtiging uit vrijloopstal Hoogland 32% van de N-excretie in de stal, duidelijk hoger dan de 19% uit de referentie ligboxenstal
- Het N-verlies van de bedding had mogelijk verlaagd kunnen worden door de bedding dagelijks te frezen in plaats van los te trekken met de cultivator en door de composteringstemperatuur tussen de 50 tot 55°C te houden

Referenties

- CBS, 2011. Dierlijke mest en mineralen 2009. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag, Nederland.
- CVB, 2011. CVB Veevoedertabel 2011 - Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen. Productschap Diervoeder, Den Haag, Nederland.
- De Boer, H.C. 2013. On farm development of bedded pack barns in the Netherlands - Nutrient balances and manure quality of bedding material. Report 709, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, Nederland.
- De Boer, H.C. 2015. NPK balances, gaseous N loss and some manure quality characteristics of six different bedded pack barns in the Netherlands. Report Wageningen UR Livestock Research, Wageningen, Nederland (in voorbereiding).
- Miyatake, F., Iwabuchi, K. 2005. Effect of high compost temperature on enzymatic activity and species diversity of culturable bacteria in cattle manure compost. *Bioresource Technology* 96:1821-1825.
- Miyatake, F., Iwabuchi, K. 2006. Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. *Bioresource Technology* 97:961-965.
- Ogink, N. 2012. Ammoniakemissie van melkvee in ligboxenstallen met roostervloeren: resultaten van metingen op praktijkbedrijven. Infoblad Nr. 45, Beleidsondersteunend Onderzoek (BO-12.12), thema Mest, Milieu en Klimaat. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, Nederland.
- Pagans, E., Barrena, R. Font, X., Sánchez, A. 2006. Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. *Chemosphere* 62:1534-1542.
- Velthof G.L., van Bruggen, C., Groenestein, C.M., de Haan, B.J., Hoogeveen, M.W., Huijsmans, J.F.M. 2009. Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland. Rapport 70, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen, Nederland.



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



Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 480 10 77
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Livestock Research Rapport 886

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 9.000 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.

