



---

# Relatie tussen TAN-excretie en mest- en urinesamenstelling op praktijkbedrijven

L.B. Šebek, H.J.C. van Dooren, A. Klop, J.W. van Riel, N.W.M. Ogink

RAPPORT 941



LIVESTOCK RESEARCH  
WAGENINGEN UR

---

---

# Relatie tussen TAN-excretie en mest- en urinesamenstelling op de praktijkbedrijven

L.B. Šebek, H.J.C. van Dooren, A. Klop, J.W. van Riel, N.W.M. Ogink

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 cluster 'Mest, Milieu en Klimaat', thema 'emissiearme systemen', projectnummer BO-12.12-004-004-ASG-LR-1

Wageningen UR Livestock Research  
Wageningen, April 2016

---

Livestock Research Report 941



---

Šebek, L.B., H.J.C. van Dooren, A. Klop, J.W. van Riel, N.W.M. Ogink, 2016. Relatie tussen TAN-excretie en mest- en urinesamenstelling op praktijkbedrijven. Wageningen, Wageningen UR Livestock Research, Livestock Research Rapport 941.

#### Samenvatting NL

Onderbouwend onderzoek naar de relatie tussen verschillende verklarende (voer)parameters en de ammoniakemissie uit melkveestallen is arbeidsintensief. Daarom is in een vooronderzoek op negen melkveebedrijven gekeken of er voldoende verband bestaat tussen de berekende TAN excretie in kg en de gemeten TAN concentratie in mest en urine. De gevonden verbanden maken duidelijk dat het zinvol is om verdiepend vervolgonderzoek te doen naar bovenstaande relaties waarbij ook de ammoniakemissies wordt gemeten.

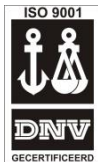
#### Summary UK

This pilot research at nine Dutch dairy farm on the relationship between TAN excretion and TAN concentration in urine and ammonium concentration in the top layer of slurry gave enough valuable indications to deepen abovementioned relationships under controlled experimental circumstances that includes the measurement of ammonia emission.

© 2016 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 gedeponneerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.



---

# Inhoud

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
|          | <b>Woord vooraf</b>   | <b>7</b>  |
|          | <b>Samenvatting</b>   | <b>9</b>  |
|          | <b>Summary</b>  | <b>11</b> |
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>  | <b>13</b> |
|          | 1.1 Doelstelling  | 13        |
|          | 1.2 Aanpak  | 13        |
| <b>2</b> | <b>Methodiek</b>  | <b>15</b> |
|          | 2.1 Algemene werkwijze  | 15        |
|          | 2.2 Bedrijfsbezoeken en waarnemingen                              | 15        |
|          | 2.2.1 Bemonstering en analyse urine                               | 15        |
|          | 2.2.2 Bemonstering en analyse mestmonsters                        | 16        |
|          | 2.2.3 Verzameling van bedrijfsgegevens                            | 16        |
|          | 2.3 Berekeningen op basis van bedrijfsgegevens                    | 16        |
|          | 2.3.1 Totale N-excretie   | 16        |
|          | 2.3.2 TAN-excretie  | 17        |
|          | 2.3.3 Urineproductie  | 18        |
|          | 2.4 Statistische analyse  | 18        |
| <b>3</b> | <b>Resultaten en discussie</b>                                    | <b>19</b> |
|          | 3.1 Algemeen  | 19        |
|          | 3.2 Correlaties   | 20        |
|          | 3.3 Regressie   | 21        |
|          | 3.4 Discussie   | 22        |
| <b>4</b> | <b>Conclusies en aanbevelingen</b>                                | <b>23</b> |
|          | <b>Literatuur</b>   | <b>24</b> |
|          | <b>Bijlage 1 Overzicht resultaten urine- en mestsamenstelling</b> | <b>25</b> |
|          | <b>Bijlage 2 Overzicht resultaten TAN berekeningen</b>            | <b>26</b> |
|          | <b>Bijlage 3 Correlaties</b>                                      | <b>27</b> |
|          | <b>Bijlage 4 Regressiecoëfficiënten</b>                           | <b>28</b> |



# Woord vooraf

Dit onderzoek is uitgevoerd en gefinancierd binnen het beleidsondersteunend onderzoekscluster 'Mest, Milieu en Klimaat', thema 'emissiearme systemen', projectnummer BO-12.12-004-004-ASG-LR-1 van het Ministerie van Economische Zaken.

Dank is verschuldigd aan de deelnemende melkveehouders die belangeloos hun medewerking hebben verleend.

De auteurs





---

# Samenvatting

## Achtergrond

Het uitgangspunt voor emissiearme voermaatregelen voor melkvee is de aanname dat de TAN-concentratie in de urine en de daaraan gerelateerde ammoniumconcentratie in de toplaag van opgeslagen stal mest de beste voorspellers zijn van de effecten van voermaatregelen op de stalemissie. De TAN-concentratie wordt beïnvloed door de totale TAN-excretie en door voerparameters die de wateropname en daarmee het urinevolume bepalen. Er bestaat behoefte aan de ontwikkeling van een instrument voor melkvee waarmee op basis van voorgenoemde parameters de ammoniakemissie ingeschat kan worden. Het BEX/BEA instrument biedt hiervoor, eventueel na aanpassing, mogelijkheden. Voorafgaand daaraan moet echter eerst een aantal relaties verder onderbouwd worden:

- De relatie tussen berekende TAN-excretie en gemeten TAN-concentratie in urine;
- De relatie tussen berekende TAN-excretie en ammoniumconcentratie in de toplaag van de mest;
- De relatie tussen de berekende TAN-excretie, de gemeten TAN-concentratie in urine en de ammoniumconcentratie in de toplaag van de mest enerzijds en de (absolute of totale) gemeten ammoniakemissie anderzijds.

De onderbouwing van deze relaties vindt in twee fasen plaats. In de eerste, explorerende, fase worden op een aantal praktijkbedrijven de eerste twee relaties (tussen TAN-excretie en gemeten TAN-concentraties in urine en ammoniumconcentratie in de toplaag van de mest) uitgewerkt. Dit rapport is een uitwerking van deze fase.

De doelstelling van dit onderzoek is het vaststellen van de relatie tussen TAN-excretie en TAN-concentratie in urine en ammoniumconcentratie in toplaag van de mest.

## Aanpak

De TAN-excretie en de TAN-concentratie in de urine zijn op groepsniveau bepaald. Om de TAN-excretie te kunnen uitrekenen zijn gedetailleerde gegevens over voersamenstelling en voeropname nodig van een voldoende aantal representatieve melkveebedrijven. Op deze bedrijven moet de TAN-concentratie in de vers uitgescheiden urine bepaald worden bij een representatief aantal dieren en moet via monsternamen uit de mestkelders het ammoniumgehalte van de toplaag bepaald worden. Vanwege het exploratieve karakter is gekozen voor een monitoringsperiode van 3 maanden. Binnen het project Koeien & Kansen worden regelmatig zogenaamde meetweken georganiseerd waarin de veehouders gedetailleerde gegevens over voersamenstelling en voeropname verzamelen. Daarom is voor de praktijkmonitoring gekozen gebruik te maken van de ervaring die deze veehouders hebben met de benodigde gegevensverzameling. Naast de gegevens die verzameld worden tijdens de meetweken moeten op deze bedrijven aanvullende metingen worden verricht. Van de 16 Koeien & Kansenbedrijven hebben 9 melkveebedrijven meegedaan. Gedurende de meetweken zijn op deze bedrijven urinemonster en monsters van de toplaag van de mest verzameld. Met de verzamelde gegevens over voersamenstelling en voeropname is de TAN-excretie per bedrijf per dag uitgerekend volgens de methodiek die ook door de werkgroep uniformering mestcijfers (WUM) en in BEX/BEA (bedrijfsspecifieke excretie ammoniak) wordt gehanteerd (Velthof et al., 2009; Schröder et al., 2014). Op twee na is elk van de deelnemende bedrijven 3 maal (maandelijks) bezocht om mest- en urinemonsters te nemen. Tussen berekende en gemeten parameters zijn correlatie- en regressiecoëfficiënten berekend.

## Resultaten

Uit de waarnemingen op de negen praktijkbedrijven blijkt dat de TAN-concentratie in de urine een goede relatie heeft met de TAN-excretie en dat die relatie verbetert als ook de urineproductie betrokken wordt. Zowel TAN-excretie als urineproductie kunnen geschat worden op basis van voerparameters en voeropname. Het verband met het totale stikstofgehalte in de urine is nog sterker. Ook het totale stikstofgehalte in de mest kan goed verklaard worden met de TAN-excretie en ook deze relatie verbetert als de urineproductie erbij betrokken wordt.

---

Het verband tussen TAN excretie en ammoniumconcentratie in de mest is echter zeer zwak. Het ammoniumgehalte in de mest wordt vooral verklaard door de pH van de mest, maar de TAN concentratie in de urine of het totale N gehalte in de urine heeft een aanvullend effect. Zoals eerder aangegeven is het aantal bedrijven beperkt en kan de variatie tussen bedrijven vooral wat betreft het ammoniumgehalte in de mest groot zijn. Gevonden relaties geven voldoende verwachting dat verder experimenteel onderzoek zinvol is.

### **Conclusies**

- De TAN concentratie en het totale stikstofgehalte in de urine kan in dit onderzoek goed voorspeld worden uit de TAN excretie maar er wordt maar een beperkt deel van de variantie mee verklaard. De verklaarde variantie neemt toe door combinatie met de geschatte urineproductie.
- Er is in dit onderzoek geen significante relatie gevonden tussen de TAN excretie en de ammonium concentratie in de toplaag van de opgeslagen mest ( $p=0,15$ ) maar wel met het totale stikstofgehalte in deze mest ( $p=0,04$ ). Door combinatie met de pH waarde verbetert het verband tussen TAN excretie en de ammonium concentratie in de toplaag van de opgeslagen mest ( $p<0,001$ ).
- De nauwkeurigheid van de schatting kan verbeterd worden door bij meer bedrijvendata te verzamelen.
- Wetenschappelijke onderbouwing van de relaties kan alleen in een daarvoor ingerichte meeteenheid waar zowel alle voerkenmerken als de ammoniakemissie en de kenmerken van urine en mest gemeten kunnen worden.

---

# Summary

## Background

The TAN concentration urine of dairy cows and the related ammonium concentration in the top layer of stored slurry are the best predictors for the effects of feeding measures on the ammonia emission from housing. The TAN concentration in urine is determined by the TAN excretion and the total urine production. To implement feeding measures as official ammonia emission reduction options there is a need for an instrument to estimate the emission based on parameters of the feeding ration. Before this instrument can be developed the following relationships should be further supported by science:

- The relation between calculated TAN excretion and measured TAN concentration in urine
- The relation between calculated TAN excretion and ammonia concentration in the top layer of slurry
- The relation between TAN excretion, urine TAN concentration and slurry top layer ammonia concentration on one hand and the ammonia emission on the other hand.

These relationships will be further supported in two phases. One explorative phase in which the first two relationships will be researched on a number of practical farms and if the first phase was successful a second phase in which the third relationships will be research under controlled experimental conditions on a research farm. This report describes the outcomes of the first phase.

*Objective was to further establish the relationship between TAN excretion and TAN concentration in urine and ammonia concentration in the top layer of slurry on a number of practical dairy farms.*

## Methods

Nine of the 16 farm participating in the project " Koeien&Kansen" (cows and chances) were selected. Within this project measuring weeks are already organised regularly to collect data on feed composition and feed intake. During the three months of this explorative study data from a total of 27 measuring weeks were collected. Additional data were collected during those same weeks. TAN excretion and TAN concentration were determined on group level. Urine samples and samples of the top layer of the slurry stored underneath the slated floor were collected from five cows and five locations respectively. The data of feed intake and composition were used to calculate an average TAN excretion per animal per day on group level. Urine samples were analysed individually on ammonium-N, urea-N and total-N. Slurry from the five locations within the barn were combined to one slurry sample that was analysed on dry matter, organic matter, ammonium-N, total-N, phosphate and potassium. Correlation and regression coefficients of relevant parameters were calculated.

## Results

From the results can be concluded that there is a good relationship between TAN excretion and TAN concentration in the urine. This relationship improves when also urine production is included. Urine production and TAN excretion can be calculated using feed composition and feed intake parameters. The relationship with the total nitrogen concentration in urine is stronger than with the TAN concentration. Also the total nitrogen concentration in the top layer of the slurry can be predicted using the TAN excretion and that prediction also improves when urine production is included. The relation between TAN excretion and ammonia concentration in the top layer of the slurry is however very weak. Ammonia concentration is mainly explained by the pH of the slurry. Adding the TAN concentration or the total nitrogen concentration of the urine improves the relationship. The limited number of farms and the large differences of ammonia concentration in slurry between farms was one of the reasons for the in some cases poor relationships. Nevertheless, these relationships gave enough reason to propose further experimental research under controlled conditions that should include ammonia emission measurements.

## Conclusions

- From this research can be concluded that the TAN concentration and the total nitrogen concentration in urine can be well predicted from the TAN concentration but that only a limited part of the variance is explained. Combination with the estimated urine production improves the relationship.

- 
- In this research no significant relation between TAN excretion and the ammonia concentration in the top layer of slurry was found but only with the total nitrogen content. Combination with the pH improved the relationship significantly.
  - The precision of the estimations was not large mainly due to a limited amount of farms included in this research.
  - Further support of the relationships can be found in a controlled experimental setup that includes the measurement of ammonia emission

---

# 1 Inleiding

Naast gebruik van stalmaatregelen is het terugdringen van ammoniakemissie via voermaatregelen een optie die binnen het Programma Stikstof voor een aantal diercategorieën nader in beschouwing wordt genomen. Voor de melkveesector wordt gedacht aan de mogelijkheid om op bedrijfsniveau de totale TAN<sup>1</sup>-excretie en het effect op de ammoniakemissie in te schatten, eventueel in combinatie met het melkureumgetal als extra borgingsparameter. Over de manier waarop is echter nog geen duidelijkheid.

Het uitgangspunt voor emissiearme voermaatregelen voor melkvee is de aanname dat de TAN-concentratie in de urine en de daaraan gerelateerde ammoniumconcentratie in de toplaag van opgeslagen stalmest de beste voorspellers zijn van de effecten van voermaatregelen op de stalemissie. De TAN-concentratie wordt beïnvloed door de totale TAN-excretie en door voerparameters die de wateropname en daarmee het urinevolume bepalen. Er bestaat behoefte aan de ontwikkeling van een instrument voor melkvee waarmee op basis van voorgenoemde parameters de ammoniakemissie ingeschat kan worden. Het BEX/BEA instrument biedt hiervoor, eventueel na aanpassing, mogelijkheden. Voorafgaand daaraan moet echter eerst een aantal relaties verder onderbouwd worden:

- De relatie tussen berekende TAN-excretie en gemeten TAN-concentratie in urine;
- De relatie tussen berekende TAN-excretie en ammoniumconcentratie in de toplaag van de mest;
- De relatie tussen de berekende TAN-excretie, de gemeten TAN-concentratie in urine en de ammoniumconcentratie in de toplaag van de mest enerzijds en de (absolute of totale) gemeten ammoniakemissie anderzijds.

De onderbouwing van deze relaties vindt in twee fasen plaats. In de eerste, explorerende, fase worden op een aantal praktijkbedrijven de eerste twee relaties (tussen TAN-excretie en gemeten TAN-concentraties in urine en ammoniumconcentratie in de toplaag van de mest) uitgewerkt. In een tweede experimentele fase wordt de relatie tussen TAN-excretie, TAN-concentratie in urine en ammoniumconcentratie in de toplaag van de mest aan de ene kant en de ammoniakemissie aan de andere kant, nader onderzocht. Deze fase vindt later onder gecontroleerde experimentele omstandigheden plaats. In het huidige rapport staan de explorerende metingen op praktijkbedrijven centraal.

## 1.1 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is het vaststellen van de relatie tussen TAN-excretie en TAN-concentratie in urine en ammoniumconcentratie in toplaag van de mest.

## 1.2 Aanpak

TAN-excretie en TAN-concentratie in urine kan op het niveau van het individuele dier worden vastgesteld. Daarvoor zijn wel gegevens van de individuele voeropname nodig. De ammoniumconcentratie in de toplaag van de mest is niet te herleiden naar het individuele dier. Daarom, en omdat bepaling van individuele voeropname op praktijkbedrijven vrijwel onmogelijk is, is gekozen om ook de TAN-excretie en de TAN-concentratie in de urine op groepsniveau te bepalen. Omdat in de praktijk vaak meerdere leeftijdscategorieën gezamenlijk in een stal gehuisvest worden betekent *groepsniveau* al gauw dat alleen op bedrijfsniveau uitspraken gedaan kunnen worden. De

---

<sup>1</sup> TAN: Totaal ammoniakale N (stikstof). Voor de definitie en berekening van de TAN-excretie wordt aangesloten bij Velthof et al., (2009). Daarin wordt TAN omschreven als de som van de hoeveelheid ammoniakale stikstof in de urine.

---

vragen die uit de doelstelling voortkomen zijn daarom via een monitoringsonderzoek op praktijkbedrijven beantwoord. Om de TAN-excretie te kunnen uitrekenen zijn gedetailleerde gegevens over voersamenstelling en voeropname nodig van een voldoende aantal representatieve melkveebedrijven. Op deze bedrijven moet de TAN-concentratie in de vers uitgescheiden urine bepaald worden bij een representatief aantal dieren en moet via monsternamen uit de mestkelders het ammoniumgehalte van de toplaag bepaald worden. Vervolgens kunnen dan empirische relaties worden gelegd tussen de berekende TAN-excretie en de gemeten TAN-concentratie in de urine en het ammoniumgehalte in de toplaag van de mest. Om de effecten van omgevingsfactoren (bv. rantsoenfluctuaties en weer) mee te kunnen nemen zou de monitoring idealiter over een volledig jaar plaats moeten vinden. Vanwege het exploratieve karakter is echter gekozen voor een monitoringsperiode van 3 maanden. Met de uitkomsten van deze eerste fase kan besloten worden of verdergaand experimenteel onderzoek naar de relatie met ammoniakemissie noodzakelijk is.

---

## 2 Methodiek

### 2.1 Algemene werkwijze

Binnen het project Koeien & Kansen worden regelmatig zogenaamde meetweken georganiseerd waarin de veehouders gedetailleerde gegevens over voersamenstelling en voeropname verzamelen van de groep melkgevende dieren. Daarom is voor de praktijkmonitoring gekozen om gebruik te maken van de ervaring die deze veehouders hebben met de benodigde gegevensverzameling en aan te sluiten bij de al geplande meetweken. Naast de gegevens die verzameld worden tijdens de meetweken moeten op deze bedrijven aanvullende metingen worden verricht. Van de 16 Koeien & Kansenbedrijven voldeden 9 melkveebedrijven aan de criteria voor selectie:

- Het melkvee is gescheiden gehuisvest van het jongvee en de droogstaande dieren
- Het melkvee is gehuisvest in een stal met een roostervloer
- Er wordt minimaal één keer per maand een meetweek gehouden

Gedurende de meetweken zijn op deze bedrijven urinemonster en monsters van de toplaag van de mest verzameld. Met de verzamelde gegevens over voersamenstelling en voeropname is de TAN-excretie per bedrijf per dag uitgerekend volgens de methodiek die ook gehanteerd wordt door de werkgroep uniformering mestcijfers (WUM) en in BEX/BEA (bedrijfsspecifieke excretie ammoniak) wordt gehanteerd (Velthof et al., 2009; Schröder et al., 2014).

### 2.2 Bedrijfsbezoeken en waarnemingen

Op twee na is elk van de deelnemende bedrijven 3 maal (maandelijks) bezocht om mest- en urinemonsters te nemen (Tabel 1). Die bezoeken vonden plaats in de zogenaamde meetweken. Daarnaast is ook andere relevante bedrijfsinformatie verzameld zoals het melkureumgehalte. Elk bedrijfsbezoek duurde ongeveer 3 tot 4 uur.

---

Tabel 1

*Deelnemende bedrijven en data van bezoek.*

| Nr | Datum 1 <sup>ste</sup> bezoek | Datum 2 <sup>de</sup> bezoek | Datum 3 <sup>de</sup> bezoek |
|----|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1  | 26-9-2012                     | 29-10-2012                   | 28-11-2012                   |
| 2  | 11-10-2012                    | 21-11-2012                   | -                            |
| 3  | 10-10-2012                    | 5-11-2012                    | 4-12-2012                    |
| 4  | 28-9-2012                     | 24-10-2012                   | 22-11-2012                   |
| 5  | 4-10-2012                     | 14-11-2012                   | 29-11-2012                   |
| 6  | 10-10-2012                    | 29-10-2012                   | 19-11-2012                   |
| 7  | 2-10-2012                     | 24-10-2012                   | 28-11-2012                   |
| 8  | 18-10-2012                    | 22-11-2012                   | -                            |
| 9  | 10-10-2012                    | 5-11-2012                    | 5-12-2012                    |

#### 2.2.1 Bemonstering en analyse urine

Van 10 koeien, verdeeld over de stal, is urine opgevangen tijdens spontaan urineren van de koe. De urine is opgevangen met een monsterpotje dat aan een steel was bevestigd. Daarmee kon van een kleine afstand de urine worden verzameld zonder stress voor het dier. De urine is zoveel mogelijk schoon opgevangen om te voorkomen dat verontreiniging met mest van de staart plaatsvond. De opgevangen urine is overgebracht in een monsterpotje met label. De koenummers en de labelnummers van het monster werden genoteerd op een lijst. De monsterpotjes zijn na monsternamen direct in een koelbox geplaatst.



---

Urinemonsters zijn geanalyseerd door het milieulaboratorium van de Animal Sciences Group (ASG) van Wageningen UR. In de individuele urinemonsters is het ammonium-N (NH<sub>4</sub>-N) gehalte bepaald in g/kg. Daarna is een verzamelmonster per bedrijfsbezoek gemaakt dat opnieuw geanalyseerd is op het gehalte van ammonium-N, ureum-N en totaal-N en op pH.

### 2.2.2 Bemonstering en analyse mestmonsters

Op 10 willekeurige plekken verdeeld over het hele gedeelte van de stal waarin melkgevend vee was gehuisvest, werd een monster genomen van de toplaag (5 cm) van de drijfmest. De monsternamen zijn gedaan met een tepelbeker die aan een stok was bevestigd. De 10 monsters werden verzameld in een emmer en gehomogeniseerd door te mengen met een spatel. Van het mengmonster werd een submonster genomen voor analyse. Deze procedure van monsternamen van mest werd twee keer herhaald, zodat in totaal per bedrijfsbezoek drie mengmonsters van elk 10 monsterplekken zijn genomen.

Mestmonsters zijn geanalyseerd door het milieulaboratorium van de Animal Sciences Group (ASG) van Wageningen UR. In de drie mestmonsters is de pH bepaald. In één mestmonster is het droge stofgehalte en de ammonium-N en totaal-N concentratie in g/kg bepaald. De overige twee monsters zijn bewaard bij -20 °C.

### 2.2.3 Verzameling van bedrijfsgegevens

Tijdens een meetweek werd door de veehouder de voeropname geregistreerd. De voeropname is het verschil tussen de aangeboden hoeveelheid voer en de voerresten. Daarom is dagelijks de voergift en de voerrest van het melkvee gewogen. Van de voedermiddelen zijn in die weken voermonsters genomen voor analyse van de samenstelling en de voederwaarde. Tijdens de meetweken vond ook dagelijkse registratie van de melkproductie plaats. De melk werd bemonsterd voor de analyse van vet, eiwit en lactose.

## 2.3 Berekeningen op basis van bedrijfsgegevens

Op basis van de aangeleverde gegevens van voeropname, voersamenstelling, melkproductie en melksamenstelling zijn de totale N-excretie, de TAN-excretie en de urineproductie uitgerekend.

### 2.3.1 Totale N-excretie

De totale N-excretie is berekend volgens Tamminga et al. (2000 en 2004). In deze methode wordt de opname van N op basis van de afzonderlijke rantsoencomponenten berekend en de totale N-excretie als het verschil tussen N-opname en N-vastlegging in melk, door groei en in ongeboren nakomelingen.

$$N \text{ excretie} = \sum_1^y \left( \text{Opname}_y \times N \text{ gehalte}_y \right) - \frac{(\text{MP} \times 1000) * \text{Eiwit}\%}{6,38} - 4,0 \quad (1)$$

Met

N-excretie in g/dier/dag

Opname<sub>y</sub> = opname van rantsoencomponent y in kg/dier/dag

N-gehalte<sub>y</sub> = N-gehalte van rantsoencomponent y in g/kg

MP = melkproductie in kg/dier/dag

Eiwit% = Eiwitgehalte in melk (%)

De correctie voor de vastlegging van stikstof (eiwit) in groei en in het ongeboren kalf is gemiddeld 4,0 gram N per dag.

De berekende N-excretie wordt in bovenstaande formule uitgedrukt in grammen N per koe per dag, maar wordt veelal omgerekend naar kg N per jaar per dier.

### 2.3.2 TAN-excretie

De TAN-excretie wordt berekend als de hoeveelheid ammoniakale N uitgescheiden met urine (conform Velthof et al., 2009). De ammoniakale N in urine is dat deel van de opgenomen N dat eerst wordt verteerd en geabsorbeerd en vervolgens niet wordt gebruikt voor onderhoud, productie of groei. Dit surplus aan N wordt met de urine uitgescheiden. Voor deze berekening is dus nodig om naast de totale N-opname en de in melk en vlees vastgelegde hoeveelheid N (zie berekening totale N-excretie) ook de hoeveelheid verteerde N te kennen. Eigenlijk wordt de berekening van de N-excretie uitgebreid met de verteringscoëfficiënt (VC) voor ruw eiwit (RE). Deze berekening van het verteerde eiwit gebeurt voor alle voedermiddelen in het rantsoen afzonderlijk. Met de VCRE wordt per voedermiddel berekend hoeveel eiwit door de darm wordt verteerd en opgenomen. Het niet opgenomen restant (100% - VCRE) verlaat met de mest het lichaam. Het wel door de darm opgenomen eiwit wordt òf gebruikt voor productie van melk, onderhoud en groei òf wordt via de nieren in de urine uitgescheiden<sup>2</sup>.

Door de TAN gelijk te stellen aan de uitscheiding van deze urine-N kan de totale hoeveelheid door het dier uitgescheiden TAN berekend worden met

$$\text{TAN excretie} = \sum_1^y (\text{Opname}_y * \text{N-gehalte}_y * \text{VCRE}_y) - \frac{(\text{MP} * 1000) * \text{Eiwit}\%}{6,38} - 4,0 \quad (2)$$

Met

TAN-excretie in g N/dier/dag

Opname<sub>y</sub> = opname van rantsoencomponent y in kg/dier/dag

N-gehalte<sub>y</sub> = N-gehalte van rantsoencomponent y in g/kg

VCRE<sub>y</sub> = Verteringscoëfficiënt van het ruwe eiwit in rantsoencomponent y

MP = melkproductie in kg/dier/dag

Eiwit% = Eiwitgehalte in melk (%)

De correctie voor de vastlegging van stikstof (eiwit) in groei en in het ongeboren kalf bedraagt weer 4,0 kg N per dag.

De CVB-veevoedertabel (CVB, 2005) vermeld in tabel B7.1 voor alle gangbare producten een VCRE. Voor ruwvoerders is deze afhankelijk van de kwaliteit van de ruwvoerders. Regressievergelijkingen zijn gepubliceerd om de VCRE te berekenen op basis van chemische samenstelling van het ruwvoeder (ruw eiwitgehalte, ruwe asgehalte en ruwe celstofgehalte).

#### Relatie met TAN berekening in BEA en BEX

De hierboven uitgewerkte berekeningsmethode voor TAN-excretie wordt weliswaar ook gebruikt in BEA maar BEA berekent de TAN-excretie per kalenderjaar en in deze studie gaat het om de TAN-excretie in een (meet)week. Een ander belangrijk verschil is dat de in de rekenregels gebruikte data verschillen. In deze studie werd de voeropname en melkproductie nauwkeurig gemeten. BEA maakt gebruik van een schatting van de voeropname via de BEX systematiek. Indien blijkt dat de TAN-excretie gebruikt kan worden als schatter voor de ammoniakemissie, dan moet vervolgens nog worden vastgesteld of de inherente bepalingsonzekerheid van de berekening via de BEA-systematiek niet te groot is voor gebruik binnen de PAS

<sup>2</sup> Een deel van het door de darm opgenomen eiwit wordt als ureum via het speeksel gerecycled naar de pens. Deze interne N-stroom beïnvloedt echter niet de TAN berekening en wordt daarom verder buiten beschouwing gelaten.

---

### 2.3.3 Urineproductie

Op basis van de verzamelde informatie over de voeropname en de voersamenstelling kan ook de urineproductie geschat worden (Bannink et.al.,1999).

$$UP = 1,3441 + VO(1,079 * Na\% + 0,5380 * K\% + 0,1266 * N\%) - MP(0,1216 + 0,0275 * Eiwit\%) \quad (3)$$

Met:

Urineproductie in kg/dag

VO = totale voeropname ruw- en krachtvoer (kg ds/dag)

Na%, K%, N% = gehalte Na, K en N op droge stofbasis in het rantsoen

MP = Melkproductie niet gecorrigeerd voor vet- en eiwitgehalte (kg/dier)

Eiwit% = Eiwitgehalte in melk (%)

Door de TAN-excretie te delen door deze urineproductie ontstaat een berekende TAN-concentratie in urine die vergeleken kan worden met de gemeten TAN-concentratie in de urinemonsters die genomen zijn op het bedrijf.

## 2.4 Statistische analyse

Op basis van uitkomsten van bepalingen en berekeningen zijn de volgende primaire parameters gedefinieerd die nodig zijn voor vaststelling van de relaties die volgen uit de doelstelling van het project. Dit zijn:

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| $TAN_{voer}$         | = | TAN-excretie op basis van de gemeten voeropname en rantsoensamenstelling                                    |
| $[TAN-U]_{gemeten}$  | = | Gemeten TAN-concentratie in urine namelijk de som van het ammonium-N en ureum-N gehalte in het urinemonster |
| $[NH4N-M]_{gemeten}$ | = | Gemeten ammonium-N gehalte in de mestmonsters.  |

De onderzochte relatie zijn die tussen:

- $TAN_{voer}$  en  $[TAN-U]_{gemeten}$
- $TAN_{voer}$  en  $[NH4N-M]_{gemeten}$

Daarnaast zijn aanvullende secundaire parameters gedefinieerd:

|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| UP                   | = | Urineproductie berekend op basis van voeropname en rantsoensamenstelling volgens formule (3) |
| $TAN_{urine}$        | = | TAN-excretie berekend uit $[TAN-U]_{gemeten}$ vermenigvuldigd met de urineproductie          |
| $[TAN-U]_{berekend}$ | = | TAN-concentratie in urine berekend uit de $TAN_{voer}$ gedeeld door de urineproductie        |
| Totaal- $N_{mest}$   | = | Totale stikstofgehalte gemeten in urinemonsters  |
| Totaal- $N_{urine}$  | = | Totale stikstofgehalte gemeten in mestmonsters   |
| $pH_{urine}$         | = | Zuurgraad gemeten in urinemonsters   |
| $pH_{mest}$          | = | Zuurgraad gemeten in mestmonsters  |
| Nexcretie            | = | N-excretie berekend op basis van voeropname en rantsoensamenstelling volgens formule (1)     |

De onderzochte relaties zijn die tussen

- $TAN_{voer}$  en  $TAN_{urine}$
- $[TAN-U]_{berekend}$  en  $[TAN-U]_{gemeten}$
- $TAN_{voer}$  en Totaal  $N_{mest}$
- $TAN_{voer}$  en Totaal  $N_{urine}$

Met regressieanalyse zijn de relaties tussen doelvariabele (y) en één of meerdere voorspellers (x) onderzocht en op significantie getoetst.

# 3 Resultaten en discussie

## 3.1 Algemeen

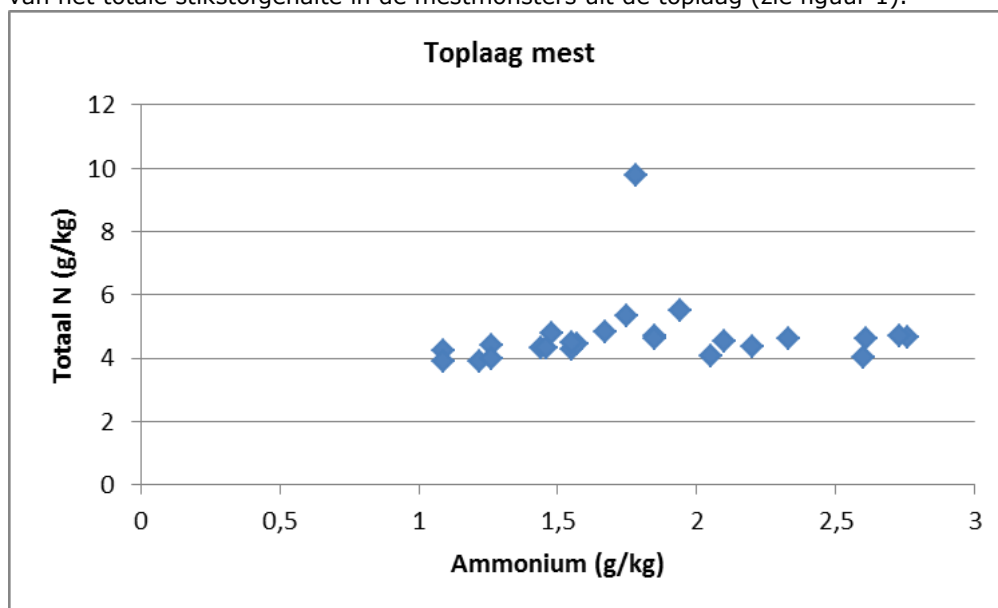
Metingen hebben plaatsgevonden tussen 26 september en 5 december 2012. Bij twee bedrijven heeft geen derde meting plaatsgevonden, bij één bedrijf bleken alle gegevens van voeropname en – samenstelling niet bruikbaar en bij één bedrijf was dat alleen tijdens de tweede meting het geval. In totaal is daarmee een set van 21 waarnemingen van de voeropname en 25 waarnemingen van mest- en urinesamenstelling beschikbaar voor analyse. De totale dataset is opgenomen in Bijlage 1 en Bijlage 2. In Tabel 2 is een overzicht van een aantal algemene bedrijfsgegevens opgenomen.

Tabel 2

Overzicht van gemiddelde, minimum, maximum en standaardafwijking van een aantal algemene bedrijfsgegevens over 21 bedrijfsbezoeken.

|                    | Eenheid     | Gemiddelde | Min   | Max   | SD  |
|--------------------|-------------|------------|-------|-------|-----|
| Voeropname         | kg/dier/dag | 20,3       | 18,8  | 22,2  | 1,0 |
| N-opname           | g/dier/dag  | 520        | 454   | 625   | 38  |
| VEM                | dier/dag    | 19400      | 17490 | 21090 | 960 |
| DVE                | g/dier/dag  | 1582       | 1328  | 1786  | 114 |
| OEB                | g/dier/dag  | 578        | 298   | 1114  | 162 |
| Melkgevende dieren | #           | 118        | 74    | 166   | 27  |
| FPCM               | kg/dier/dag | 27.9       | 24.3  | 30.4  | 1.7 |
| Jaarproductie      | kg/dier/dag | 8452       | 7228  | 9405  | 669 |

Visuele controle van de data na grafische weergave lieten één mogelijke uitbijter zien in de resultaten van het totale stikstofgehalte in de mestmonsters uit de toplaag (zie figuur 1).



**Figuur 1** Relatie tussen ammoniumgehalte en totaal stikstofgehalte in de mestmonster van de toplaag van de mest.

Vanwege de afwijkende verhouding tussen de concentratie ammonium stikstof en totaal stikstof is besloten deze waarde te verwijderen uit de dataset. De gemiddelde waarden, minima, maxima en standaardafwijking van de verschillende gemeten en berekende parameters zijn opgenomen in Tabel 3. Skewness geeft de scheefheid van de verdeling van waarnemingen aan en de kurtosis de platheid. Voor beiden geldt dat een waarde 0 gelijk staat aan een normale verdeling. Binnen het interval [-1,96;1,96] worden waarden als acceptabel beschouwd. Hoewel de kurtosis van de TAN excretie aan de hoge kant is blijkt uit visuele controle geen reden om één waarneming als uitbijter te beschouwen.

Tabel 3

Overzicht van gemiddelde, minimum, maximum en standaardafwijking van een aantal berekende en gemeten parameters.

|  | Eenheid     | n  | Gemiddelde | Min   | Max  | SD    | Skewness | Kurtosis |
|--|-------------|----|------------|-------|------|-------|----------|----------|
| TAN <sub>voer</sub>                      | g/dier/dag  | 21 | 200        | 146   | 289  | 30,2  | 0,84     | 2,12     |
| TAN <sub>urine</sub>                     | g/dier/dag  | 21 | 193        | 130   | 294  | 44,8  | 0,74     | -0,05    |
| Nexcretie                                | g/dier/dag  | 21 | 354        | 297   | 453  | 36,0  | 0,55     | 1,14     |
| Urineproductie                           | kg/dier/dag | 21 | 29,1       | 23,3  | 33,5 | 3,11  | -0,33    | -1,22    |
| Ammonium-N <sub>urine</sub>              | g/kg        | 25 | 0,011      | 0,005 | 0,06 | 0,011 | 4,04     | 15,79    |
| Ureum-N <sub>urine</sub>                 | g/kg        | 25 | 4,3        | 2,3   | 6,9  | 1,1   | 0,44     | 0,09     |
| [TAN-U] <sub>gemeten</sub>               | g/kg        | 25 | 4,3        | 2,3   | 6,9  | 1,1   | 0,46     | 0,09     |
| [TAN-U] <sub>berekend</sub>              | g/kg        | 21 | 6,9        | 5,4   | 9,3  | 0,9   | 0,71     | 0,51     |
| Totaal N <sub>urine</sub>                | g/kg        | 25 | 6,8        | 4,4   | 9,9  | 1,5   | 0,37     | -0,50    |
| pH urine                                 | -           | 25 | 8,3        | 7,8   | 8,5  | 0,2   | -0,96    | 0,37     |
| [NH <sub>4</sub> N-M] <sub>gemeten</sub> | g/kg        | 25 | 1,8        | 1,1   | 2,8  | 0,5   | 0,48     | -0,80    |
| Totaal N <sub>mest</sub>                 | g/kg        | 24 | 4,5        | 3,9   | 5,5  | 0,4   | 0,69     | 0,52     |
| pH mest                                  | -           | 25 | 7,4        | 6,8   | 8,4  | 0,5   | 0,71     | -0,86    |

Van de dagelijkse gemiddelde stikstofopname (520 gram per dier) wordt bijna 70% (354 gram per dier) weer uitgescheiden in mest en urine; 56% daarvan (197 gram per dier) in de urine. Deze 197 gram wordt berekend uit de gemeten N-concentratie in urine (6,8 gram per kilogram) en de berekende urineproductie (29,1 kg/dier) en komt goed overeen met de uit de voergegevens berekende TAN excretie (200 gram per dier).

## 3.2 Correlaties

Om zicht te krijgen op de mogelijke verbanden tussen de gemeten en berekende parameters zijn de correlatiecoëfficiënten berekend en de bijbehorende p-waarden. De p-waarden geven de kans aan dat berekende correlatiecoëfficiënt afwijkt van 0 (geen verband). Het verband is significant als  $p < 0,05$  en zeer significant als  $p < 0,001$ . De correlatiecoëfficiënten en de p-waarden zijn opgenomen in Bijlage 3. Een significant verband kan het gevolg zijn van een afhankelijkheid tussen de twee parameters. Zo zijn TAN<sub>voer</sub> en N-excretie gebaseerd op dezelfde brongegevens namelijk voersamenstelling en voeropname en vastlegging van stikstof in melk en vlees. Ook kan er een directe onderling relatie tussen twee parameters zijn zoals bijvoorbeeld tussen TAN<sub>urine</sub> en Totaal-N<sub>urine</sub>, TAN<sub>urine</sub> wordt namelijk berekend uit Totaal-N<sub>urine</sub> en de urineproductie. Het is dus niet zinvol om alle significante relaties verder te onderzoeken. Alleen de in Bijlage 3 in **vet** aangegeven correlaties zijn verder uitgewerkt in een regressieanalyse.

Aan de andere kant hoeft het ontbreken van een significante relatie ook niet te beteken dat er geen oorzakelijk verband is. Zo heeft TAN-concentratie in de toplaag van de mest geen enkel significante relatie met één van de 'voorafgaande' parameters en alleen met pH in de toplaag zelf. Dit hoeft nog niets te zeggen over de potentie van deze voorafgaande parameters om de ammoniakemissie te voorspellen. Het betreft hier namelijk data van 9 verschillende bedrijven die ieder een geheel eigen relatie tussen ammoniakal N en ammoniakemissie kunnen hebben. De emissie wordt namelijk beïnvloed door de lokale omstandigheden (vloertype, besmeurd oppervlak, temperatuur, windsnelheid over de roosters en in de kelder, pH van de mest, mestschuif, luchtuitwisseling etc.). De toplaag in de kelder wordt voortdurend beïnvloed door deze factoren waardoor er een lange termijn effect ontstaat op de samenstelling van de toplaag, die de samenhang tussen dagelijkse TAN-uitscheiding en samenstelling toplaag kan verstoren. Door die lokale omstandigheden vervluchtigt meer of minder ammoniakal N en dus zal het ammoniumgehalte in de toplaag ook variëren. Is er binnen éénzelfde stal een goede relatie tussen ammoniumgehalte in de mest en een andere parameter (bv TAN), dan kan tussen bedrijven die relatie ontbreken. In dat geval zegt het ontbreken van een goede correlatie tussen ammoniumgehalte mest en TAN niets over de relatie tussen TAN en ammoniakemissie. Vergroting van het aantal gegevens zou mogelijk wel een significante correlatie opleveren.

---

### 3.3 Regressie

Regressieanalyse geeft inzicht in de relatie tussen twee of meer parameters. De resultaten van een responsparameter (y) worden uitgezet tegen één of meerdere andere verklarende parameter (x). De kwaliteit van de relatie wordt inzichtelijk door de voorspellende waarde (de kans dat er geen (lineaire) relatie is) en de bijdrage die een parameter levert aan het verklaren van de variantie in de responsparameter (in welke mate de voorspelling de werkelijke waarde benadert).

De lineaire regressieanalyse is uitgevoerd op de natuurlijke logaritme van de waarnemingen  $\ln(Y) = a + b \cdot \ln(X)$ . De uitkomsten van de regressieanalyse zijn opgenomen in Tabel 7 (Bijlage 4). In de tekst wordt tussen haakjes verwezen naar de volgnummers die in de eerste kolom zijn aangegeven.

Relaties van primaire belang waren die tussen TAN excretie ( $TAN_{voer}$ ) aan de ene kant en TAN concentratie in urine ( $[TAN-U]_{gemeten}$ ) en ammoniumgehalte in de toplaag mest ( $[NH_4N-M]$ ) aan de andere kant. De relatie tussen  $TAN_{voer}$  en ammonium concentratie in de mest (1) is niet significant en  $TAN_{voer}$  verklaart maar 5,7% van de waargenomen variantie in het ammoniumgehalte in de toplaag van de mest. De relatie tussen  $TAN_{voer}$  en TAN concentratie in de urine (2) is wel significant maar  $TAN_{voer}$  verklaart nog steeds maar 15,2% van de waargenomen variantie in de TAN concentratie in de urine.

De relatie tussen  $TAN_{voer}$  en het *ureumgehalte* in urine (15) laat vergelijkbare resultaten zien. Dat is niet verwonderlijk aangezien het ureumgehalte onderdeel uitmaakt van de TAN concentratie. Wanneer ook andere stikstofcomponenten in de urine meegenomen worden (Totaal- $N_{urine}$ ) verbetert het verband met  $TAN_{voer}$  (7) en wordt bijna een kwart (23,6%) van de variantie verklaard door  $TAN_{voer}$ . Voor de toplaag van de mest geldt hetzelfde: de relatie tussen  $TAN_{voer}$  en Totaal  $N_{mest}$  (10) verbetert ten opzicht van die tussen  $TAN_{voer}$  en het ammoniumgehalte in de toplaag mest (1). De relatie is significant maar verklaart nog steeds maar slechts 16,7% van de variantie.

Verder is in tweede instanties aanvullend gekeken naar de relaties tussen  $TAN_{voer}$  en  $TAN_{urine}$  (5) en naar de relatie tussen de gemeten en berekende TAN concentratie in de urine ( $[TAN-U]_{gemeten}$  en  $[TAN-U]_{berekend}$ ) (6). Beide relaties zijn significant en verklaren respectievelijk 60% en 41% van de aanwezige variatie in de metingen. De verbindende schakel tussen deze twee relaties is de urineproductie. Er blijkt een significant verband tussen urineproductie en de berekende TAN excretie ( $TAN_{voer}$ ) (17) te bestaan.

In de overige relaties die uitgewerkt zijn, blijkt de relatie tussen de TAN concentratie in de urine en het totale stikstofgehalte in de mest (11 en 12) sterk te zijn waarbij 49,1% van de variatie in de gemeten ammoniumgehalten in de toplaag van de mest worden verklaard door het gemeten (11) of berekende (12) ureumgehalte in de urine. De relatie tussen TAN concentratie in de urine en het ammoniumgehalte in de mest (3) is ook significant ( $p=0,05$ ). Tenslotte valt het verband tussen het ammoniumgehalte in de toplaag van de mest en de gemeten pH (4) in het genomen monster op. Verklaring daarvoor is dat de processen van ammoniumvorming en emissie van ammoniak invloed hebben op de pH.

Samenvattend: er is verband aangetoond tussen de berekende TAN excretie en de gemeten TAN concentratie in de urine maar dit verband is niet meer aantoonbaar als 'dezelfde' urine in de toplaag van de mest terecht is gekomen. Wel is een verband aangetoond tussen de TAN concentratie in de urine en de ammoniumconcentratie in de mest.

Verdere regressieanalyse op het gecombineerde gebruik van parameters is opgenomen in Tabel 8 van Bijlage 4. Daarin is te zien dat de verklarende modellen voor de TAN concentratie in de urine (relatie 2 in Tabel 7), het totaal-N gehalte in de urine (relatie 7 in Tabel 7) en het totaal-N gehalte in de toplaag van de mest (relatie 10) aanzienlijk verbeteren als naast de TAN excretie ( $TAN_{voer}$ ) ook de urineproductie wordt opgenomen (relaties 1, 2 en 3 in Tabel 8). Voor een verbetering van het model voor de ammoniumconcentratie in de toplaag van de mest (4-8) moet in ieder geval de pH opgenomen worden. De beste voorspelling wordt bereikt door combinatie van de TAN concentratie in de urine en de pH (7).

---

## 3.4 Discussie

Doel van het project was het onderbouwen van de relatie tussen TAN excretie en TAN concentratie in de urine en TAN excretie en ammoniumconcentratie in de toplaag van de mest middels een explorerende studie op praktijkbedrijven. Reden daarvoor is dat wanneer deze relaties aangetoond kunnen worden het zinvol is om in een experimentele studie de relatie met de ammoniakemissie verder te onderzoeken. Uiteindelijk kunnen dan voermaatregelen te erkend worden als mogelijkheid om de ammoniakemissie te reduceren.

Uit de waarnemingen op de negen praktijkbedrijven blijkt dat de TAN concentratie in de urine een geen een zwakke relatie heeft met de TAN excretie en dat die relatie verbetert als ook de urineproductie betrokken wordt. Zowel TAN excretie als urineproductie kunnen geschat worden op basis van voerparameters en voeropname. Het verband met het totale stikstofgehalte in de urine is sterker maar nog steeds wordt maar een kwart van de variatie verklaard.

Ook het totale stikstofgehalte in de mest kan slechts beperkt verklaard worden met de TAN excretie maar ook deze relatie verbetert als de urineproductie erbij betrokken wordt.

Het ammoniumgehalte in de mest wordt vooral verklaard door de pH van de mest maar de TAN concentratie in de urine of het totale N gehalte in de urine heeft een aanvullend effect.

Zoals eerder aangegeven is het aantal bedrijven in deze pilotstudie beperkt en kan de variatie tussen bedrijven vooral wat betreft het ammoniumgehalte in de mest groot zijn bijvoorbeeld door verschillen in ammoniakemissie. Dat kan een belangrijke reden zijn waarom bijvoorbeeld de relatie tussen TAN excretie en ammoniumgehalte in de toplaag van de mest niet significant is. Andere gevonden relaties geven toch voldoende verwachting dat verder experimenteel onderzoek zinvol is.

---

## 4 Conclusies en aanbevelingen

- Het beschreven vooronderzoek geeft aan dat het zinvol is om vervolgonderzoek (met o.a. meting van de ammoniakemissie) te doen om het effect van voermaatregelen op de ammoniakemissie in te kunnen schatten.
- De TAN concentratie en het totale stikstofgehalte in de urine kan in dit onderzoek goed voorspeld worden uit de TAN excretie maar er wordt maar een beperkt deel van de variantie mee verklaard. De verklaarde variantie neemt toe door combinatie met de geschatte urineproductie.
- Er is in dit onderzoek geen significante relatie gevonden tussen de TAN excretie en de ammonium concentratie in de toplaag van de opgeslagen mest ( $p=0,15$ ) maar wel met het totale stikstofgehalte in deze mest ( $p=0,04$ ). Door combinatie met de pH waarde verbetert het verband tussen TAN excretie en de ammonium concentratie in de toplaag van de opgeslagen mest ( $p<0,001$ ).
- De nauwkeurigheid van de schatting kan verbeterd worden door bij meer bedrijven data te verzamelen.
- Wetenschappelijke onderbouwing van de relaties kan alleen in een daarvoor ingerichte meeteenheid waar zowel alle voerkenmerken als de ammoniakemissie en de kenmerken van urine en mest gemeten kunnen worden.



---

# Literatuur

- Bannink, A., H. Valk, A.M. van Vuuren (1999) Intake and Excretion of Sodium, Potassium, and Nitrogen and the Effects on Urine Production by Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 82 (5): 1008-10118
- Tamminga, S., A.W. Jongbloed, M.M. van Eerdt, H.F.M. Aarts, F. Mandersloot, N.J.P. Hoogervorst, H. Westhoek (2000) De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. Rapport ID-Lelystad 00-2040R, ID-Lelystad, Lelystad.
- Tamminga, S., F. Aarts, A. Bannink, O. Oenema, G.J. Monteny (2004) Actualisering van geschatte N en P excreties door rundvee. Milieu en Landelijk gebied 25, Wageningen.
- Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen, J.F.M. Huijsmans (2009) Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 70.

# Bijlage 1    Overzicht resultaten urine- en meststoffen

Tabel 4

Totale dataset van waarnemingen aan urine en toplaag mest.

| Bedrijf | Meting | Urine (g/kg) |         |          |                            |     | Mest (g/kg) |          |     |
|---------|--------|--------------|---------|----------|----------------------------|-----|-------------|----------|-----|
|         |        | NH4-N        | Ureum-N | Totaal-N | [TAN-U] <sub>gemeten</sub> | pH  | NH4-N       | Totaal-N | pH  |
| 1       | 1      | 0,012        | 3,4     | 5,3      | 3,4                        | 7,8 | 1,3         | 4,4      | 6,8 |
| 2       | 1      | 0,010        | 6,6     | 9,4      | 6,6                        | 8,2 | 1,9         | 5,5      | 7,2 |
| 3       | 1      | 0,008        | 4,0     | 7,0      | 4,0                        | 8,5 | 2,8         | 4,7      | 8,3 |
| 4       | 1      | 0,060        | 2,3     | 4,5      | 2,3                        | 8,4 | 1,2         | 3,9      | 6,9 |
| 5       | 1      | 0,011        | 2,9     | 4,9      | 2,9                        | 8,2 | 2,2         | 4,4      | 7,8 |
| 6       | 1      | 0,010        | 3,8     | 6,3      | 3,8                        | 8,0 | 1,9         | 4,7      | 7,7 |
| 7       | 1      | 0,023        | 3,6     | 5,4      | 3,6                        | 7,8 | 1,1         | 4,2      | 7,1 |
| 8       | 1      | 0,008        | 3,9     | 6,4      | 3,9                        | 8,4 | 2,1         | 4,1      | 8,2 |
| 9       | 1      | 0,008        | 4,1     | 6,5      | 4,1                        | 8,2 | 1,7         | 4,8      | 7,6 |
| 1       | 2      | 0,009        | 4,3     | 6,4      | 4,3                        | 8,5 | 2,3         | 4,6      | 7,8 |
| 2       | 2      | 0,007        | 4,9     | 7,5      | 4,9                        | 8,2 | 1,8         | 9,8      | 7,1 |
| 3       | 2      | 0,011        | 3,9     | 6,1      | 3,9                        | 8,5 | 1,6         | 4,3      | 8,4 |
| 4       | 2      | 0,009        | 2,5     | 4,4      | 2,5                        | 8,1 | 1,1         | 3,9      | 6,8 |
| 5       | 2      | 0,008        | 4,2     | 6,2      | 4,2                        | 7,9 | 2,6         | 4,0      | 8,4 |
| 6       | 2      | 0,008        | 5,7     | 8,9      | 5,7                        | 8,5 | 1,6         | 4,4      | 7,2 |
| 7       | 2      | 0,012        | 5,3     | 8,0      | 5,3                        | 8,3 | 2,7         | 4,7      | 8,4 |
| 8       | 2      | 0,009        | 3,5     | 5,4      | 3,5                        | 8,3 | 1,4         | 4,3      | 7,1 |
| 9       | 2      | 0,012        | 5,0     | 8,1      | 5,0                        | 8,5 | 1,6         | 4,5      | 7,4 |
| 1       | 3      | 0,007        | 4,1     | 9,9      | 4,1                        | 8,3 | 1,9         | 4,6      | 7,1 |
| 2       | 3      |              |         |          |                            |     |             |          |     |
| 3       | 3      | 0,007        | 5,3     | 8,1      | 5,3                        | 8,3 | 1,5         | 4,3      | 6,9 |
| 4       | 3      | 0,008        | 4,1     | 6,4      | 4,1                        | 8,3 | 1,3         | 4,0      | 7,0 |
| 5       | 3      | 0,005        | 5,4     | 6,1      | 5,4                        | 8,3 | 2,6         | 4,6      | 7,3 |
| 6       | 3      | 0,009        | 4,1     | 6,9      | 4,1                        | 8,3 | 2,1         | 4,6      | 7,3 |
| 7       | 3      | 0,008        | 6,9     | 7,6      | 6,9                        | 8,3 | 1,8         | 5,3      | 6,9 |
| 8       | 3      |              |         |          |                            |     |             |          |     |
| 9       | 3      | 0,011        | 4,6     | 7,7      | 4,6                        | 8,3 | 1,5         | 4,8      | 7,3 |

## Bijlage 2    Overzicht resultaten TAN berekeningen

Tabel 5

Totale dataset van berekende parameters.

| Bedrijf | Meting | TAN <sub>voer</sub> | TAN <sub>urine</sub> | N-excretie | Urineproductie | [TAN-U]<br>berekend |
|---------|--------|---------------------|----------------------|------------|----------------|---------------------|
| 1       | 1      | 189                 | 147                  | 361        | 27,7           | 6,82                |
| 2       | 1      | 289                 | 294                  | 453        | 31,2           | 9,26                |
| 3       | 1      |                     |                      |            |                |                     |
| 4       | 1      | 190                 | 147                  | 371        | 32,5           | 5,85                |
| 5       | 1      | 190                 | 152                  | 355        | 31,0           | 6,13                |
| 6       | 1      | 209                 | 193                  | 384        | 30,9           | 6,76                |
| 7       | 1      | 160                 | 130                  | 297        | 24,2           | 6,61                |
| 8       | 1      | 218                 | 201                  | 364        | 31,2           | 6,99                |
| 9       | 1      | 187                 | 192                  | 324        | 29,3           | 6,38                |
| 1       | 2      | 155                 | 149                  | 299        | 23,3           | 6,65                |
| 2       | 2      | 205                 | 188                  | 358        | 25,2           | 8,13                |
| 3       | 2      |                     |                      |            |                |                     |
| 4       | 2      | 177                 | 140                  | 341        | 31,5           | 5,62                |
| 5       | 2      | 211                 | 201                  | 365        | 32,6           | 6,47                |
| 6       | 2      | 233                 | 282                  | 392        | 31,7           | 7,35                |
| 7       | 2      |                     |                      |            |                |                     |
| 8       | 2      | 207                 | 180                  | 351        | 33,5           | 6,18                |
| 9       | 2      | 213                 | 222                  | 362        | 27,3           | 7,80                |
| 1       | 3      | 209                 | 257                  | 347        | 25,9           | 8,07                |
| 2       | 3      |                     |                      |            |                |                     |
| 3       | 3      |                     |                      |            |                |                     |
| 4       | 3      | 146                 | 173                  | 297        | 27,1           | 5,39                |
| 5       | 3      | 210                 | 199                  | 376        | 32,6           | 6,44                |
| 6       | 3      | 185                 | 180                  | 322        | 26             | 7,12                |
| 7       | 3      | 189                 | 202                  | 331        | 26,5           | 7,13                |
| 8       | 3      |                     |                      |            |                |                     |
| 9       | 3      | 218                 | 229                  | 376        | 29,8           | 7,32                |

## Bijlage 3 Correlaties

Tabel 6

Overzicht van correlatiecoëfficiënten voor de verschillende parameters incl, kans dat de coëfficiënt afwijkt van 0 ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,001$ ). In **vet** de relaties die verder uitgewerkt zijn.

|                               | TAN <sub>voer</sub> | TAN <sub>urine</sub> | N-excretie  | Urine productie | Amm-N Urine | Ureum-N Urine | Urine           |                  | Totaal-N Urine | pH-Urine | Mest        |          |
|-------------------------------|---------------------|----------------------|-------------|-----------------|-------------|---------------|-----------------|------------------|----------------|----------|-------------|----------|
|                               |                     |                      |             |                 |             |               | [TAN-U] Gemeten | [TAN-U] Berekend |                |          | [NH4N-M]    | Totaal-N |
| 1 TAN <sub>voer</sub>         | -                   |                      |             |                 |             |               |                 |                  |                |          |             |          |
| 2 TAN <sub>urine</sub>        | <b>0,82</b>         | -                    |             |                 |             |               |                 |                  |                |          |             |          |
| 3 N-excretie                  | 0,93                | <b>0,66</b>          | -           |                 |             |               |                 |                  |                |          |             |          |
| 4 Urineproductie              | <b>0,52</b>         | 0,20                 | <b>0,65</b> | -               |             |               |                 |                  |                |          |             |          |
| 5 Amm-N Urine                 | -0,15               | -0,35                | 0,03        | 0,12            | -           |               |                 |                  |                |          |             |          |
| 6 Ureum-N Urine               | <b>0,51</b>         | <b>0,72</b>          | 0,34        | -0,12           | -0,45       |               |                 |                  |                |          |             |          |
| 7 [TAN-U] <sub>Gemeten</sub>  | <b>0,51</b>         | 0,72                 | 0,34        | -0,12           | -0,44       | 1,00          |                 |                  |                |          |             |          |
| 8 [TAN-U] <sub>Berekend</sub> | 0,75                | 0,78                 | <b>0,57</b> | -0,16           | -0,25       | <b>0,66</b>   | <b>0,66</b>     | -                |                |          |             |          |
| 9 Totaal-N <sub>urine</sub>   | <b>0,58</b>         | 0,90                 | 0,36        | -0,22           | -0,38       | <b>0,74</b>   | <b>0,74</b>     | 0,84             | -              |          |             |          |
| 10 pH <sub>urine</sub>        | 0,14                | 0,37                 | 0,06        | 0,01            | -0,03       | 0,30          | 0,30            | 0,16             | 0,39           | -        |             |          |
| 11 [NH4N-M]                   | <b>0,26</b>         | 0,24                 | 0,18        | 0,12            | -0,40       | 0,33          | <b>0,33</b>     | 0,21             | 0,19           | 0,19     | -           |          |
| 12 Totaal-N <sub>mest</sub>   | <b>0,50</b>         | <b>0,56</b>          | 0,36        | -0,20           | -0,35       | <b>0,77</b>   | <b>0,77</b>     | <b>0,72</b>      | <b>0,63</b>    | 0,13     | 0,27        | -        |
| 13 pH <sub>mest</sub>         | 0,14                | 0,07                 | 0,08        | 0,17            | -0,26       | -0,02         | -0,02           | 0,02             | -0,02          | 0,05     | <b>0,72</b> | -0,09    |

## Bijlage 4 Regressiecoëfficiënten

Tabel 7

Overzicht van regressiecoëfficiënten voor de verschillende enkelvoudige relaties volgens gelineariseerde verband  $\ln(Y)=a+b*\ln(X)$ . In **rood** primaire relaties (zie paragraaf 2.4), in **groen** secundaire relaties (zie paragraaf 2.4), in **vet** overige in de tekst behandelde relaties.

|    | Y                                | X                           | p                | Verklaarde<br>variantie | se          | a            | se a        | p                | b           | se b        | p                |
|----|----------------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------|-------------|--------------|-------------|------------------|-------------|-------------|------------------|
| 1  | <b>[NH4N-M]</b>                  | <b>TAN<sub>voer</sub></b>   | <b>0,15</b>      | <b>5,7</b>              | <b>0,26</b> | <b>-2,52</b> | <b>2,05</b> | <b>0,23</b>      | <b>0,58</b> | <b>0,39</b> | <b>0,15</b>      |
| 2  | <b>[TAN-U]<sub>gemeten</sub></b> | <b>TAN<sub>voer</sub></b>   | <b>0,05</b>      | <b>15,2</b>             | <b>0,26</b> | <b>-3,01</b> | <b>2,07</b> | <b>0,16</b>      | <b>0,84</b> | <b>0,39</b> | <b>0,05</b>      |
| 3  | [NH4N-M]                         | [TAN-U] <sub>gemeten</sub>  | <b>0,05</b>      | <b>11,6</b>             | <b>0,26</b> | <b>-0,04</b> | <b>0,29</b> | <b>0,91</b>      | <b>0,41</b> | <b>0,20</b> | <b>0,05</b>      |
| 4  | [NH4N-M]                         | pH <sub>mest</sub>          | <b>&lt;0,001</b> | <b>46,5</b>             | <b>0,20</b> | <b>-5,00</b> | <b>1,19</b> | <b>&lt;0,001</b> | <b>2,77</b> | <b>0,59</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| 5  | TAN <sub>urine</sub>             | TAN <sub>voer</sub>         | <b>&lt;0,001</b> | <b>59,6</b>             | <b>0,14</b> | <b>-1,05</b> | <b>1,14</b> | <b>0,37</b>      | <b>1,19</b> | <b>5,52</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| 6  | [TAN-U] <sub>berekend</sub>      | [TAN-U] <sub>gemeten</sub>  | <b>0,001</b>     | <b>41,3</b>             | <b>0,10</b> | <b>1,48</b>  | <b>0,11</b> | <b>&lt;0,001</b> | <b>0,31</b> | <b>0,08</b> | <b>0,001</b>     |
| 7  | Totaal-N <sub>Urine</sub>        | TAN <sub>voer</sub>         | <b>0,02</b>      | <b>23,6</b>             | <b>0,20</b> | <b>-2,36</b> | <b>1,58</b> | <b>0,15</b>      | <b>0,80</b> | <b>0,30</b> | <b>0,02</b>      |
| 8  | Totaal-N <sub>Urine</sub>        | [TAN-U] <sub>gemeten</sub>  | <0,001           | 66,4                    | 0,13        | 0,93         | 0,14        | <0,001           | 0,67        | 0,10        | <0,001           |
| 9  | Totaal-N <sub>Urine</sub>        | Ureum-N <sub>urine</sub>    | <0,001           | 66,4                    | 0,13        | 0,95         | 0,14        | <0,001           | 0,66        | 0,10        | <0,001           |
| 10 | Totaal-N <sub>mest</sub>         | TAN <sub>voer</sub>         | <b>0,04</b>      | <b>16,7</b>             | <b>0,09</b> | <b>-0,02</b> | <b>0,69</b> | <b>0,98</b>      | <b>0,29</b> | <b>0,13</b> | <b>0,04</b>      |
| 11 | Totaal-N <sub>mest</sub>         | [TAN-U] <sub>gemeten</sub>  | <b>&lt;0,001</b> | <b>49,1</b>             | <b>0,06</b> | <b>1,16</b>  | <b>0,07</b> | <b>&lt;0,001</b> | <b>0,23</b> | <b>0,05</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| 12 | Totaal-N <sub>mest</sub>         | [TAN-U] <sub>berekend</sub> | <b>&lt;0,001</b> | <b>49,1</b>             | <b>0,07</b> | <b>0,47</b>  | <b>0,23</b> | <b>0,06</b>      | <b>0,54</b> | <b>0,12</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| 13 | N-excretie                       | TAN <sub>urine</sub>        | 0,003            | 35,7                    | 0,08        | 4,39         | 0,42        | <0,001           | 0,28        | 0,08        | 0,003            |
| 14 | Ureum-N <sub>urine</sub>         | TAN <sub>urine</sub>        | <0,001           | 50,3                    | 0,20        | -3,40        | 1,05        | 0,004            | 0,92        | 0,20        | <0,001           |
| 15 | Ureum-N <sub>urine</sub>         | TAN <sub>voer</sub>         | <b>0,05</b>      | <b>15,0</b>             | <b>0,26</b> | <b>-3,04</b> | <b>2,09</b> | <b>0,16</b>      | <b>0,84</b> | <b>0,40</b> | <b>0,05</b>      |
| 16 | Urineproductie                   | N-excretie                  | 0,002            | 38,5                    | 0,09        | -0,74        | 1,12        | 0,51             | 0,70        | 0,19        | 0,002            |
| 17 | Urineproductie                   | TAN <sub>voer</sub>         | <b>0,02</b>      | <b>23,8</b>             | <b>0,10</b> | <b>1,31</b>  | <b>0,77</b> | <b>0,10</b>      | <b>0,39</b> | <b>0,15</b> | <b>0,02</b>      |

Tabel 8

Overzicht van regressiecoëfficiënten voor de verschillende meervoudige relaties volgens  $\ln(Y)=a+b1*\ln(X1)+b2*\ln(X2)$ .

| Y | X1                         | X2                         | p                  | Verklaarde<br>variantie | se   | a    | se a  | p    | b1     | se b1 | p    | B2     | se b2 | p    |        |
|---|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|------|------|-------|------|--------|-------|------|--------|-------|------|--------|
| 1 | [TAN-U] <sub>gemeten</sub> | TAN <sub>voer</sub>        | Urineproductie     | 0,005                   | 38,1 | 0,22 | -1,04 | 1,90 | 0,59   | 1,42  | 0,39 | 0,002  | -1,50 | 0,53 | 0,01   |
| 2 | Totaal-N <sub>Urine</sub>  | TAN <sub>voer</sub>        | Urineproductie     | <0,001                  | 63,5 | 0,14 | -0,36 | 1,17 | 0,77   | 1,40  | 0,24 | <0,001 | -1,53 | 0,33 | <0,001 |
| 3 | Totaal-N <sub>mest</sub>   | TAN <sub>voer</sub>        | Urineproductie     | 0,02                    | 46,8 | 0,07 | 0,73  | 0,59 | 0,24   | 0,53  | 0,13 | <0,001 | -0,60 | 0,18 | 0,004  |
| 4 | [NH4N-M]                   | TAN <sub>voer</sub>        | Urineproductie     | 0,33                    | 1,7  | 0,26 | -2,12 | 2,25 | 0,36   | 0,69  | 0,47 | 0,15   | -0,30 | 0,63 | 0,64   |
| 5 | [NH4N-M]                   | TAN <sub>voer</sub>        | pH <sub>mest</sub> | <0,001                  | 49,6 | 0,19 | -7,60 | 1,93 | <0,001 | 0,39  | 0,29 | 0,20   | 3,07  | 0,73 | <0,001 |
| 6 | [NH4N-M]                   | Urineproductie             | pH <sub>mest</sub> | 0,002                   | 44,9 | 0,20 | -5,52 | 1,85 | 0,008  | -0,14 | 0,41 | 0,74   | 3,26  | 0,77 | <0,001 |
| 7 | [NH4N-M]                   | [TAN-U] <sub>gemeten</sub> | pH <sub>mest</sub> | <0,001                  | 61,2 | 0,16 | -6,21 | 1,27 | <0,001 | 0,37  | 0,13 | 0,012  | 3,12  | 0,63 | <0,001 |
| 8 | [NH4N-M]                   | Totaal-N <sub>Urine</sub>  | pH <sub>mest</sub> | <0,001                  | 54,2 | 0,18 | -6,44 | 1,40 | <0,001 | 0,34  | 0,18 | 0,07   | 3,17  | 0,69 | <0,001 |

---

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

