

# Invloed van de zuurtegraad van varkensurine op de ammoniakemissie

Influence of acidification of pig urine on  
the ammonia emission

Dr. A. Elzing  
Ir. A.J.A. Aarnink

## imag-dlo



# Abstract

Elzing, A. and A.J.A. Aarnink. Influence of acidification of pig urine on the ammonia emission. (Org. Dutch) DLO Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Wageningen, report 96-02.

The influence of the urinary pH on the ammonia emission from the slatted floor and from the slurry pit was studied in a scale model of a pig house. Batches of urine, acidified to certain pH's, were sprinkled on a dirty slatted floor. Urine was acidified with phosphoric or hippuric acid. Ammonia emission from the slatted floor decreased with 18% when the pH decreased from 7 to 6. On average, the emission from the manure pit was reduced by 12% when urinary pH was lowered to a pH of 6.

**Key words:** Ammonia emission, pig, urine, pH

# Voorwoord

Beperking van de ammoniakemissie uit varkensstallen is op verschillende manieren mogelijk. Tot nu toe heeft het technisch onderzoek zich vooral geconcentreerd op een snelle en volledige verwijdering van de mest uit de stal, op de mestbehandeling en op zuivering van de ventilatielucht. Deze technieken gaan echter veelal met hoge kosten gepaard. Kleine stalaanpassingen, zoals roosters met een betere mestdoorlatendheid, verkleining van het emitterend oppervlak en verkorting van de mestopslagperiode, zijn wel betaalbaar. Evenwel kan daarmee de emissiereductiedoelstelling van de overheid niet gerealiseerd worden. Indien via veevoedingsmaatregelen de ammoniakemissie verder verlaagd kan worden, kan de overheidsdoelstelling misschien wel gehaald worden. Op dit moment wordt er reeds onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om via een betere afstemming tussen stikstofopname en stikstofbehoefte bij varkens de stikstofexcretie en daarmee de ammoniakemissie te beperken. Er lijken echter ook mogelijkheden te zijn om de ammoniakemissie te reduceren door een verlaging van de pH van urine en mengmest als gevolg van een aangepaste voersamenstelling.

Dit rapport beschrijft het effect van een lagere urine-pH op de ammoniakemissie in een varkensstal. Het onderzoek is uitgevoerd in een modelopstelling met de zogenaamde stalsimulator. Het is onderdeel van een uitgebreid project dat in samenwerking met het ID-DLO te Lelystad wordt uitgevoerd om via een aangepaste voersamenstelling de pH van urine en mengmest te verlagen. Dit is een geheel nieuw principe met duidelijke perspectieven om de ammoniakemissie uit stallen te verlagen. Het onderzoek is mogelijk gemaakt mede dankzij de steun van het Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek. De resultaten van dit onderzoek kunnen een bijdrage leveren aan een verdere terugdringing van de ammoniakemissie uit de veehouderij.

Ir. A.A. Jongebreur  
directeur

# Inhoud

Samenvatting .....	6
1 Inleiding .....	7
2 Materiaal en methode .....	8
2.1 Schaalmodel .....	8
2.2 Roosteremissie .....	8
2.2.1 Urine en faeces .....	8
2.2.2 Zuurtoevoeging .....	9
2.2.3 Bevuilingsmethode .....	9
2.2.4 Klimaat .....	9
2.2.5 Analyse van de resultaten .....	10
2.3 Kelderemissie .....	10
2.3.1 Urine en mengmest .....	10
2.3.2 Zuurtoevoeging .....	11
2.3.3 Bevuilingsmethode .....	11
2.3.4 De pH van de mengmest .....	11
2.3.5 Klimaat .....	12
2.3.6 Analyse van de resultaten .....	12
3 Resultaten .....	13
3.1 Roosteremissie .....	13
3.1.1 Zuurtoevoeging .....	13
3.1.2 Emissie .....	14
3.2 Kelderemissie .....	16
3.2.1 Emissie .....	16
3.2.2 pH van de mengmest .....	19
4 Discussie .....	21
4.1 Roosteremissie .....	21
4.1.1 Urine en faeces .....	21
4.1.2 Zuurtoevoeging .....	21
4.1.3 Emissie .....	21
4.2 Kelderemissie .....	22
4.3 Stalemissie .....	23
5 Conclusies .....	24
Summary .....	25
Referenties .....	26

# Samenvatting

Door aanpassingen in het voerrantsoen kan de urine-pH van vleesvarkens worden verlaagd. Dit biedt mogelijkheden om de ammoniakemissie uit varkensstallen te verlagen. In een schaalmodel van een varkensstal (stalsimulator) werd de invloed van de urine-pH op de ammoniakemissie onderzocht. Hiervoor werd de urine van vleesvarkens op balanskooien gescheiden van de faeces opgevangen.

Het effect van de urine-pH op de emissie vanaf de roosters en op de emissie vanuit de mestkelder werd afzonderlijk onderzocht. Voor het bepalen van het effect op de roosteremissie werd viermaal twee liter varkensurine met intervallen van twee uur op vuile varkensroosters gespreid. De pH werd gevarieerd door het toevoegen van fosforzuur of hippuurzuur aan de urine. De gemiddelde emissie werd bepaald over de periode vanaf de eerste keer sproeien tot twee uur na de vierde keer sproeien. De volgende lineaire relatie werd gevonden tussen de gemiddelde emissie ( $y$  in mg/min) en de pH ( $x$ ):  $y = 2,22$  (s.e.=0,26)  $x - 3,12$  (s.e.=1,88). Op grond van deze resultaten is bij een pH verlaging van de urine van 7 naar 6 een reductie van de emissie vanaf de roosters te verwachten van 18%.

Het effect van de urine-pH op de kelderemissie werd vastgesteld door het toevoegen van 1 mol fosforzuur aan 80 l éénmaal verdunde mengmest. Deze hoeveelheid zuur kwam overeen met de hoeveelheid om de pH van de urine in deze mengmest te verlagen tot 6. Dit werd één keer herhaald. De emissie werd met respectievelijk 11 en 13% verlaagd. In de herhaling werd op meerdere plaatsen de pH van de mengmest gemeten. Voor zowel niet aangezuurde als aangezuurde mengmest werd gevonden dat de pH aan het oppervlak van de mengmest hoger was dan in de lagen daaronder. Dit verschil bleek bij aangezuurde mengmest groter te zijn dan bij niet aangezuurde mengmest. Dit verklaart waarom het effect van zuur toevoeging aan de mengmest geringer was dan op grond van theoretische relaties te verwachten was.

# 1 Inleiding

De ammoniakemissie uit varkensstallen moet worden verlaagd om verzuring van het milieu tegen te gaan. Het onderzoek richt zich op technische aanpassingen in de stal, maar ook wordt onderzoek verricht naar de mogelijkheden om de ammoniakemissie te verlagen via aanpassing van het voer. Het is mogelijk om de stikstof-uitscheiding via urine en faeces te beperken (Lenis, 1989; Lenis *et al.*, 1993; Jongbloed en Lenis, 1991; Dourmad *et al.*, 1993; Spiekers en Pfeffer, 1990). Daarnaast wordt het mogelijk geacht om de urine-pH te verlagen tot ca. 5,5 (Rector en Floyd, 1973; Alpern en Rector, 1992; Kienzle en Schuh, 1993). Voor een ammoniakoplossing geldt dat de ammoniakvervluchtiging uit de oplossing sterk afneemt als de pH daalt (Muck en Steenhuis, 1981).

In een varkensstal blijft een deel van de uitgescheiden urine achter op de (rooster)vloer. Hier wordt de ureum in de urine afgebroken tot ammoniak, waarbij de urine-pH stijgt tengevolge van de gevormde ammoniak (Mobley en Hausinger, 1989). De uiteindelijke pH hangt af van de verhouding tussen de snelheid van ammoniakvorming en ammoniakvervluchtiging. Ook is de desorptie en adsorptie van het gelijktijdig met ammoniak gevormde kooldioxyde van invloed op de pH. Bij dit proces is de initiële urine-pH van belang. De stijging van de urine-pH op het vloeroppervlak hangt met name af van het bufferend vermogen van de urine.

Het overgrote deel van de urine komt terecht in de mestkelder. De urine mengt zich in meer of mindere mate met de hier aanwezige mengmest en de urine-pH zal van invloed zijn op de uiteindelijke pH van de mengmest in de mestkelder. Veel onderzoek is verricht naar het effect op de emissie van het aanzuren van mest in mestkelders (Oosthoek en Kroodsma, 1990; Hoeksma *et al.*, 1993).

Het doel van dit onderzoek was het kwantificeren van de invloed van de urine-pH op de ammoniakemissie uit een varkensstal. Het onderzoek werd uitgevoerd in een schaalmodel van een varkensstal (stalsimulator). Dit maakt het mogelijk om al voor de toepassing van de maatregel in een stal een uitspraak te doen over de te verwachten effecten. Het onderzoek werd in twee delen opgesplitst. In het eerste deel werd het effect van de urine-pH op de roosteremissie en in het tweede deel het effect op de kelderemissie onderzocht.

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Schaaimodel

De gebruikte meetopstelling is in detail beschreven door Elzing et al. (1992). In dit rapport wordt volstaan met een korte beschrijving van de aspecten die van belang zijn voor het onderhavige onderzoek. De meetopstelling bestond uit een bak van circa 3 m<sup>3</sup> die met mest gevuld kon worden. Hierboven werden roosters geplaatst waarbij het vloeroppervlak de afmetingen 2,2 bij 1,1 m had. Over dit vloeroppervlak werd een zogenaamde Lindvall-doos (Lindvall et al., 1974) gezet. Via deze doos werd een luchtstroom over het vloeroppervlak geleid. Het geheel bevond zich in een klimaatcel, zodat de temperatuur en de vochtigheid van de lucht die over het vloeroppervlak werd gezogen, te regelen waren. De ammoniakconcentratie in de afgezogen lucht werd bepaald met een NO<sub>x</sub>-analyser, nadat met behulp van een converter de ammoniak (NH<sub>3</sub>) was omgezet in stikstofmonoxide (NO). De ammoniakemissie werd berekend door het volumedebiet van de luchtstroom met de ammoniakconcentratie te vermenigvuldigen. De gebruikte meetmethode is beschreven door Scholtens (1990).

### 2.2 Roosteremissie

#### 2.2.1 Urine en faeces

De urine was afkomstig van vleesvarkens die op balanskooien waren geplaatst. De bak die gebruikt werd voor het opvangen van de urine werd twee keer per dag geleegd en de urine werd direct ingevroren (-20 °C). Om bij metingen telkens urine met dezelfde samenstelling te kunnen gebruiken, werd alle opgevangen urine ontdooid, gemengd en opnieuw ingevroren in hoeveelheden van twee liter. De urine werd voor gebruik ontdooid door deze gedurende 16 uur bij 20 °C te plaatsen. Het voerrantsoen van de vleesvarkens bestond voor een deel uit pulpprodukten. Samen met een hoge water:voer verhouding leidde dit tot lage stikstofconcentraties in de urine. De samenstelling van de urine staat vermeld in tabel 1.

De faeces, nodig voor de bevuiling van de roosters, werden verzameld bij zeugen en bewaard bij 4 °C. De faeces konden niet langer dan 10 dagen worden bewaard (Elzing en Swierstra, 1993), zodat meerdere keren faeces verzameld moesten worden. De gemiddelde samenstelling van de faeces staat eveneens in tabel 1. De analyses werden uitgevoerd volgens de volgende voorschriften: Kjeldahl stikstof (N<sub>kj</sub>) volgens NEN 6641, ammonium/ammoniak volgens NEN 6472 in urine en NEN 3235 in faeces en het ureumgehalte werd bepaald met de methode beschreven door Moore en Kauffman (1970).

Tijdens het onderzoek werd de mestkelder van het schaalmodel gevuld met een 1 M zoutzuur oplossing. Om de hoeveelheid zuur te beperken, werden drie bakken 5 cm hoog met een totaal oppervlak van 2 m<sup>2</sup> in de mestkelder van het schaalmodel geplaatst op 40 cm onder het rooster. De bakken werden gevuld met 25 liter 1 M zoutzuur.

**Tabel 1** De samenstelling van de urine en faeces gebruikt bij het onderzoek naar het effect van de urine-pH op de roosteremissie.

**Table 1** The composition of the urine and faeces used in the study to determine the effect of the urinary pH on the emission from the slatted floor.

mestsoort	Nkj (mMol · kg <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mMol · kg <sup>-1</sup> )	ureum (mMol · l <sup>-1</sup> )	pH	ds (g · kg <sup>-1</sup> )
urine	240	31	63	8,5	-
faeces	793	60	-	-	312

### 2.2.2 Zuurtoevoeging

De hoeveelheid zuur die aan de urine moest worden toegevoegd om een bepaalde pH-verlaging te realiseren werd vastgesteld aan de hand van een titratiecurve van de urine voor zowel fosforzuur als hippuurzuur. Vlak voor de emissiemetingen werd de vastgestelde hoeveelheid zuur aan de urine toegevoegd en werd de pH van de urine gemeten.

### 2.2.3 Bevuilingsmethode

De roosters in de simulator werden op de volgende wijze voorbehandeld. Gedurende de eerste 5 dagen werd een mengsel van drie kg faeces en drie kg water gelijkmatig over het roosteroppervlak aangebracht. Direct hierna werd dit mengsel met een vloertrekker verwijderd, zodat alleen een dunne mestlaag op de vloer achterbleef, waarover twee kg urine werd gespreid. Vanaf de zesde tot de tiende dag werd alleen urine over het vuile oppervlak gespreid. Uit eerder onderzoek is gebleken dat deze wijze van bevuilen een roosteroppervlak met een constante, hoge urease-activiteit oplevert (Elzing en Swierstra, 1993). Tijdens de emissiemetingen werd twee liter urine viermaal met intervallen van twee uur op de roosters gespreid. Het interval van twee uur komt overeen met de geschatte verversingsgraad van de urine op het oppervlak van de roosters van de mesthoek van een stal. Het onderzoek duurde in totaal enkele weken. Op de dagen dat het effect van zuur-toevoeging niet werd onderzocht, werd één keer per dag urine op het rooster gespreid om het rooster niet te laten uitdrogen. De emissie op deze dagen werd gebruikt voor de controle van het constant blijven van de bevuiling (= urease-activiteit) van het rooster.

### 2.2.4 Klimaat

De ammoniakemissiemetingen werden verricht onder de volgende omstandigheden:

- temperatuur: 18 °C.
- relatieve luchtvochtigheid: 80%
- luchtsnelheid op 5 cm boven het roosteroppervlak: 0,2 m · s<sup>-1</sup>.

De klimaatcel werd een week voor de aanvang van het experiment op deze condities ingesteld.



### 2.2.5 Analyse van de resultaten

Voor elke toegevoegde hoeveelheid zuur aan de urine werd de gemiddelde emissie (in mg/min) berekend vanaf de eerste keer sproeien tot twee uur na de laatste (vierde) keer sproeien. De gemiddelde pH werd berekend uit de vier waarden van de batches urine benodigd voor het sproeien. Er werd een lineaire regressie uitgevoerd met de gemiddelde emissie als de te verklaren en de gemiddelde urine-pH als de verklarende variabele. Hiernaast werd van de vier emissiepieken, die voor elke hoeveelheid toegevoegd zuur werden gemeten, de gemiddelde hoogte bepaald. Vervolgens werd een lineaire regressie uitgevoerd voor de gemiddelde piekhoogte met de urine-pH als de verklarende variabele. In de regressies werd geen onderscheid gemaakt tussen fosforzuur of hippuurzuur en ook het resultaat van de urine zonder zuurtoevoeging werd meegenomen.

## 2.3 Kelderemissie

### 2.3.1 Urine en mengmest

Het onderzoek werd in duplo (1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> experiment) uitgevoerd. De urine van vleesvarkens werd op dezelfde manier opgevangen als bij het onderdeel roosteremissie. De samenstelling van de urine staat in tabel 2. De bakken in de mestkelder van het schaalmodel (zie roosteremissie) werden gevuld met 80 liter mengmest zodat een circa 4 cm dikke mengmestlaag aanwezig was. De mengmest was afkomstig uit een mestkelder van een vleesvarkensstal. Omdat de stikstofconcentratie in de vleesvarkensurine laag was, werd de mengmest voor het vullen van de bakken 1:1 (v/v) verdund met water. De mengmest werd twee dagen voor de aanvang van het experiment in de klimaatcel geplaatst om op de temperatuur te komen waaronder de emissiemetingen werden uitgevoerd. De samenstellingen van de verdunde mengmest voor beide experimenten staan in tabel 3.

**Tabel 2** De samenstelling van de urine gebruikt bij het onderzoek naar het effect van de urine-pH op de kelderemissie.

**Table 2** The composition of the urine used in the study to determine the effect of urinary pH on the emission from the manure pit.

no. experiment	Nkj (mMol · kg <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mMol · kg <sup>-1</sup> )	ureum (mMol · l <sup>-1</sup> )	pH
1	201	21	83	8,5
2	155	126	3	9,1

**Tabel 3** De samenstelling van de verdunde mengmest gebruikt bij het vaststellen van het effect van de urine-pH op de kelderemissie.

**Table 3** The composition of the diluted manure used to determine the effect of urinary pH on the emission from the manure pit.

no. experiment	Nkj (mMol · kg <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mMol · kg <sup>-1</sup> )	ds (g · kg <sup>-1</sup> )
1	337	130	95
2	171	108	27

### 2.3.2 Zuurtoevoeging

Bij beide experimenten naar het effect van de urine-pH op de emissie uit een mestkelder werd één liter 1 M fosforzuur aan de mengmest toegevoegd. Bij het eerste experiment werd een titratiecurve opgenomen van de varkensurine. Hieruit werd afgeleid dat 0,017 mol fosforzuur nodig was om één liter urine aan te zuren tot pH 6. Verder werd er van uitgegaan dat de hoeveelheden door vleesvarkens geproduceerde urine en faeces zich verhouden als 2,5 :1. Dit betekent dat 80 liter mengmest ontstond uit 57 liter urine en 23 liter faeces, zodat aan de 80 liter mengmest 57 maal de hoeveelheid zuur werd toegevoegd die nodig was om één liter urine aan te zuren tot pH 6. Bij het tweede experiment werd dezelfde hoeveelheid zuur toegevoegd.

### 2.3.3 Bevuilingsmethode

Tijdens het meten van de kelderemissie werd één maal per dag twee liter urine op de roosters gesproeid waarna de emissie 24 uur werd gevolgd. Hierbij werden bij het eerste experiment schone roosters en bij het tweede experiment met formaldehyde ontsmette roosters gebruikt, zodat de emissie vanaf het vloeroppervlak zo laag mogelijk was. Aan de urine gebruikt bij de metingen aan de aangezuurde mengmest werd in beide experimenten 0,017 mol fosforzuur per liter urine toegevoegd.

### 2.3.4 De pH van de mengmest

In het tweede experiment werd de pH continu gemeten op één plaats in het midden van de mestlaag (2 cm diep). Tevens werd de pH vier uur voor en vier uur na het sproeien van de urine gemeten op vier plaatsen aan het oppervlak, op 2 cm diepte en onderin (4 cm diep). Hierbij werd de pH-elektrode via de vensters in de stalsimulator in de mengmest gebracht.

### 2.3.5 Klimaat

De omstandigheden waaronder de ammoniakemissiemetingen werden verricht, staan voor beide experimenten vermeld in tabel 4. De klimaatcel werd reeds een week voor aanvang van het experiment op deze condities ingesteld.

**Tabel 4** De klimaat-omstandigheden in de simulator tijdens de twee experimenten waarin het effect van de urine-pH op de kelderemissie werd onderzocht.

**Table 4** *The climate conditions in the scale model system during the two experiments in which the effect of the urinary pH on the emission from the manure pit was studied.*

Klimaatsfactor	1° Experiment	2° Experiment
temperatuur (°C)	18	20
rel. luchtvochtigheid (%)	80	70
luchtsnelheid (m · s <sup>-1</sup> )	0,2	0,15

### 2.3.6 Analyse van de resultaten

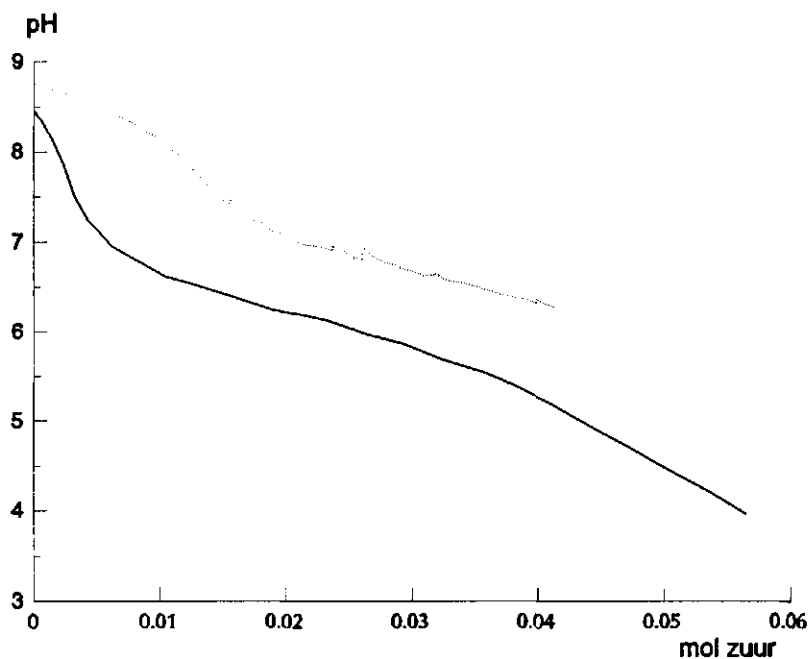
Het effect van de zuurtoevoeging aan de mengmest werd vastgesteld door de waargenomen emissie op twee, drie en vier dagen na de vulling van de bakken en 19 uur na het sproeien van urine (elke dag werd twee liter urine over het rooster gespreeid) met en zonder zuurtoevoeging met elkaar te vergelijken. Voor deze tijdstippen geldt dat de eventuele emissie vanaf het rooster tengevolge van het sproeien van de urine door uitputting van de urine op het rooster laag is. Ook liggen ze bij het tweede experiment juist voor de tijdstippen (20 uur na het sproeien) waarop het venster werd geopend om de pH van de mengmest te meten. Van de gevonden reductiepercentages werd het gemiddelde bepaald.

# 3 Resultaten

## 3.1 Roosteremissie

### 3.1.1 Zuurtoevoeging

De opgenomen titratiecurven bij toevoeging van fosforzuur en hippuurzuur aan de urine bij het onderdeel roosteremissie worden gegeven in figuur 1. Bij een pH van omstreeks 6 werd een gebied waargenomen waar de pH bij zuurtoevoeging weinig veranderde. Hippuurzuur is een zwak zuur en slecht oplosbaar in water. Bij de titratie moest veel hippuurzuuroplossing worden toegevoegd. Een lagere pH dan het eindpunt van de titratie (ongeveer 6) was praktisch niet haalbaar met hippuurzuur.



**Figuur 1** De pH van varkensurine als functie van de toegevoegde hoeveelheid zuur in mol per liter urine (— : fosforzuur en . . . . . : hippuurzuur).

**Figure 1** The pH of the urine of fattening pigs as a function of the added amount of acid in mole per litre urine (— : phosphoric acid and . . . . . : hippuric acid).

Uit de titratiecurven werden de hoeveelheden zuur afgeleid die nodig waren om aan urine toe te voegen om de gewenste urine-pH niveau's te bereiken (tabel 5). Tijdens de emissiemetingen werd met intervallen van twee uur viermaal aangezuurde urine op het rooster gespreid. Het gemiddelde van de vier direct na zuurtoevoeging gemeten pH-waarden staat ook in tabel 5.

**Tabel 5** De hoeveelheid toegevoegd zuur en de gemeten urine pH vlak voor de emissiemetingen.

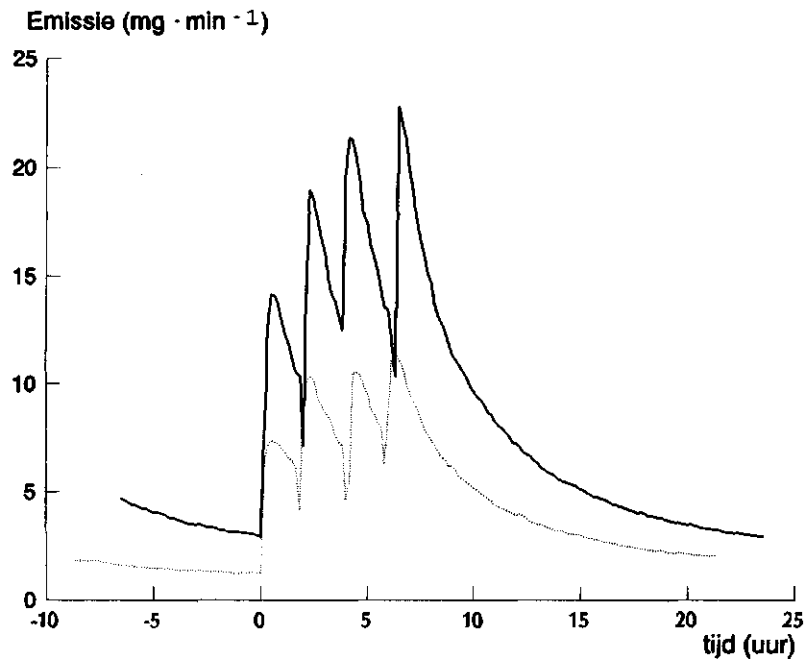
**Table 5** The amount of added acid and the measured urinary pH just before the emission measurements.

zuur	hoeveelheid (mol · l <sup>-1</sup> )	pH
geen	-	8,8
fosforzuur	0,006	8,1
	0,010	7,1
	0,026	6,5
	0,040	5,9
	0,050	5,5
hippuurzuur	0,014	8,2
	0,220	7,5

### 3.1.2 Emissie

Een voorbeeld van de gemeten emissiecurven staat in figuur 2: de emissie na het sproeien van urine zonder zuurtoevoeging (pH 8,8) en de emissie na het sproeien van urine met 0,05 mol fosforzuur per liter urine (pH 5,5). Opvallend hierbij is dat de hoogte van de emissiepiek toenam bij elke volgende keer sproeien van urine. Wel werd de toename steeds kleiner. Na aanzuring met fosforzuur waren de emissiepieken lager maar wel breder dan zonder zuurtoevoeging. Voor elke zuurtoevoeging werd een vergelijkbaar emissieverloop waargenomen. In figuur 3 worden de relaties gegeven tussen de gemiddelde emissies en de pH en voor de gemiddelde piekhoogtes en de pH voor zowel fosforzuur- als hippuurzuurtoevoeging. De punten bij pH 8,8 geven de emissies zonder zuurtoevoeging. De lineaire regressie ( $y=ax+b$ ) leverde voor de gemiddelde emissie op:  $a=2,22$  (s.e.=0,26) en  $b=-3,12$  (s.e.=1,88) en voor de gemiddelde piekhoogtes:  $a= 3,06$  (s.e.=0,37) en  $b= -5,70$  (s.e.=2,71). De verklaarde variantie was in beide gevallen 91% met r.s.d.'s van respectievelijk 0,80 en 1,15. De regressielijn voor de gemiddelde emissies wordt in figuur 3 aangegeven met de onderbroken lijn en voor de piekmissies met de ononderbroken lijn.

De hoogte van emissiepieken gemeten op de dagen dat één keer per dag urine werd gesproeid was gemiddeld 14,49 mg ammoniak per min. De grootste afwijking die optrad van het gemiddelde was 9%.



**Figuur 2** De emissie tijdens vier maal met intervallen van twee uur urine sproeien over vuile varkensroosters (—: urine-pH 8,8 en .....: urine-pH 5,5).

**Figure 2** The emission during four times, with intervals of two hours, sprinkling of urine on a dirty slatted floor for pigs ( — : urine pH 8.8 en .....: urine pH 5.5).