

Meetmethoden voor oppervlaktebepaling van urineplassen op betonnen stalvloeren

Dirk de Hoog

Augustus 2011



WAGENINGEN UNIVERSITY
WAGENINGEN **UR**

Meetmethoden voor oppervlaktebepaling van urineplassen op betonnen stalvloeren

Naam vak : Bachelorafsluiting Agrotechnologie
Vakcode : FTE-80812
Studiebelasting : 12 credits
Datum : 15-08-2011

Student : D.C. (Dirk) de Hoog
Registratienummer : 88-05-12-358-050
Studieprogramma : BSc Agrotechnologie (BAT)

Begeleider(s) : J.W. (Dennis) Snoek MSc.
Examinator : Prof. Dr. P.W.G. (Peter) Groot Koerkamp
Leerstoelgroep : Agrarische Bedrijfstechnologie
Bornse Weilanden 9
6708 WG Wageningen
Tel: +31 (317) 48 29 80
Fax: +31 (317) 48 48 19
e-mail: Webmaster.FTE@wur.nl



Disclaimer

Dit verslag is het eindproduct van een bachelorafsluiting van de opleiding Agrotechnologie aan Wageningen Universiteit.

De hoofddoelstelling van het vak is dat studenten laten zien door middel van o.a. dit rapport dat ze de competenties van het bachelorprogramma beheersen.

De student werkt gedurende een beperkte tijd (netto acht weken) aan een eigen opdracht, begeleid door een van de docenten. De beperkte tijd brengt ook beperkingen mee ten aanzien van de uitvoering van het onderzoek.

De aard van het studieonderdeel brengt met zich mee dat het naar buiten brengen van resultaten en verder verspreiden van het rapport alleen kan geschieden in overleg met de verantwoordelijke docent(en).

Wageningen Universiteit is nimmer aansprakelijk voor de gevolgen die voortvloeien uit het gebruiken van de informatie uit dit rapport.

Het is niet toegestaan gegevens of resultaten uit dit onderzoeksverslag te kopiëren, te publiceren of anderszins naar buiten te brengen zonder toestemming van:

Leerstoelgroep Agrarische bedrijfstechnologie

Wageningen Universiteit

Bornsesteeg 59

6708 PD Wageningen

Tel: (0317) 482980

Voorwoord

Voor u ligt het product van mijn werk de afgelopen maanden. Voor iemand anders zou het kunnen lijken alsof het vrij weinig voorstelt, en het is ook maar een kleine stap in het onderzoek om ammoniakemissie uit stallen terug te dringen. Het is wel een stap welke genomen moest worden na het werk van mijn voorgangers Dennis Snoek, Gaston Haesen, Roelof de Jong, Jeroen Straver en Teus van Laar. Zoals zoveel onderwerpen bleek dit onderwerp uiteindelijk veelzijdiger dan men op het eerste gezicht zou denken, zo moest er research worden gedaan in het veld van de beeldverwerking, satellietbeelden, infrarood, chemie, maar ook fysische eigenschappen van vloeistoffen. Gaandeweg werd mijn interesse voor het onderwerp steeds verder aangewakkerd door het enthousiasme van mijn begeleider Dennis Snoek en ik vind het dan ook onmisbaar hier te vermelden dat ik veel aan hem te danken heb.

Mijn dank gaat dan ook uit naar Dennis en ik wens hem veel succes met de voortzetting van zijn PhD onderzoek. Daarnaast wil ik mijn studiegenoten uit het afstudeerhok van harte bedanken voor hun constante motivatie, de kritische blik en het stukje ontspanning op zijn tijd.

Samenvatting

De melkveehouderij produceert grote hoeveelheden ammoniak (NH_3), die emitteren en hierdoor luchtvervuiling en stankoverlast veroorzaken. Om de emissie van NH_3 terug te dringen is het van belang plasgrootte en -dikte op betonnen vloeren te kunnen bepalen. In dit verslag is eerst gekeken naar de verschillende parameters van urineplassen. Ten tweede is gekeken naar verschillende meetmethoden onder gecontroleerde omstandigheden. Tot slot is er gekeken naar de toepassingen onder praktijkomstandigheden.

NH_3 emissie vindt alleen plaats in de bovenste laag van de plas, welke het contactoppervlak vormt met de lucht. Het is hierbij afhankelijk van de ureum- en ureaseconcentratie, de temperatuur, de luchtsnelheid en de pH. Om plasvorming te kunnen bestuderen worden verschillende fases gedefinieerd: de urinatie, het verspreiden, de afkoeling, het opdrogen en het overlappen. In de stal komen ook andere objecten voor welke als plas gedetecteerd kunnen worden. Voor de detectie van plassen worden ook deze objecten gedefinieerd: levende objecten, natte vloer, droge vloer, mest anders dan urine en stalobjecten. Vooral het verschil tussen een plas, een natte vloer en een droge vloer is van belang bij het onderscheiden van plassen.

Verschiedende meetmethoden zijn bekeken welke mogelijk de oppervlakte van een plas op beton kunnen bepalen:

- De rastermethode wordt geheel visueel uitgevoerd, met behulp van een raster wordt het oppervlak van een urineplas bepaald. Deze methode is goed in het onderscheiden van omgevingsfactoren, maar er kan geen afkoeling of opdrogen mee gemeten worden.
- Bij warmtedetectie wordt door middel van infrarood de hogere temperatuur van een verse urineplas gedetecteerd. De methode is goed in het onderscheiden van verse plassen, maar kan moeilijk omgevingsfactoren onderscheiden.
- De vochtgehalte-methode bepaalt het vochtgehalte op de betonvloer en kan hierdoor plassen onderscheiden. De methode is sterk in het meten van verspreiding, opdrogen en overlappen, afkoeling kan niet gemeten worden.
- Via beeldverwerking wordt gekeken naar het kleurverschil tussen urineplassen en de rest van de vloer. De methode kan goed omgevingsfactoren onderscheiden, maar kan moeilijk het verschil tussen een natte vloer en een plas vaststellen.
- 3D camera's kunnen een 3D profiel maken van de lege vloer en dit vergelijken met het profiel na een urinatie, hierdoor kunnen oppervlakte en inhoud bepaald worden. Deze methode is goed in het onderscheiden van omgevingsfactoren, maar de resolutie is nog niet hoog genoeg om metingen aan een plas te kunnen doen.
- Intelligente vloeren kunnen zelf metingen uitvoeren, bijvoorbeeld een vloer met geïntegreerde meetpunten, zodat een plas gemeten kan worden. Deze methode zou goed zijn in het onderscheiden van omgevingsfactoren, maar minder goed in het meten van verschillen tussen mest, de plas en een natte vloer.

Plasgrootte en -dikte blijken van invloed te zijn op de emissie van NH_3 uit urine, vooral het contactoppervlak tussen lucht en urine is belangrijk. De best toepasbare methode voor testen onder gecontroleerde omstandigheden is de warmtemethode, dit omdat er op temperatuur onderscheiden kan worden. In praktijksituaties blijken omgevingsfactoren nog moeilijk te onderscheiden, vandaar dat de visuele rastermethode het best kan worden toegepast. Het blijkt dat er vooral praktijktesten gedaan moeten worden om methoden te kunnen toetsen.

Inhoudsopgave

Disclaimer	V
Voorwoord	VII
Samenvatting.....	IX
1. Inleiding	3
2. Materialen en Methoden	7
3. Ammoniakemissie	9
3.1 Ammoniakvorming	9
3.2 Dissociatie.....	10
3.3 Vervluchtiging.....	10
3.4 Plasvorming	11
3.5 Overlappen	11
3.6 Omgevingsfactoren	12
3.7 Natte vloer/droge vloer.....	12
4. Meetmethoden	13
4.1 Rastermethoden.....	13
4.2 Warmte.....	13
4.3 Vochtgehalte	14
4.4 Beeldverwerking.....	15
4.5 3D camera	15
4.6 Intelligente vloeren	16
4.7 Overzicht methoden.....	16
5. Toepassen meetmethoden	19
5.1 Toepassingen in de varkenshouderij.....	19
5.2 Snelstal	20
5.3 Ammoniakemissie-arme Betonnen Stalvloeren.....	22
5.4 Urine onderscheiden	23
5.5 Onderscheiden van Omgevingsfactoren	23
6. Discussie	25
7. Conclusie	27
8. Aanbevelingen	29
9. Literatuur	31
Appendices	35

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Een probleem bij het intensief houden van dieren is ammoniak (NH_3) emissie. Dit komt doordat dieren op een grote schaal op een kleine oppervlakte worden gehouden. Diervoeders worden uit de hele wereld geïmporteerd om het houden van grote hoeveelheden dieren mogelijk te maken. Dit heeft tot gevolg dat er een grote hoeveelheid uitwerpselen worden geproduceerd, welke de nutriëntenbehoefte van het land overschrijden. Consequentie is dat deze uitwerpselen getransporteerd moeten worden naar plaatsen waar wel behoefte is aan nutriënten (Aarnink, 1997).

In de melkveehouderij gaan grote hoeveelheden lucht door de stal heen, mede hierdoor emitteert ook een grote hoeveelheid NH_3 , wat stankoverlast en luchtvervuiling veroorzaakt. Voornamelijk vloeren hebben een grote invloed op de hoeveelheid uitgestoten NH_3 (Elzing *et al.*, 1992; Monteny, 2000; Snoek, 2009). Een belangrijke reden is dat het design van de vloer en een eventueel aanwezig mestschuifstelsel een grote invloed heeft op het gedrag van feces en urine die erop vallen (Braam en Hoorn, 1996). Met name plasgrootte en –dikte worden beïnvloed. Dit resulteert erin dat de omzetting en de hoeveelheid van het ureum naar NH_3 , die voorkomt in de urine van de koe, en de daadwerkelijke NH_3 emissie varieert.

1.1.1 Emissie onderzoek

Het onderzoek naar NH_3 emissie is van alle tijden. Al sinds de landbouw en veeteelt geïntensiveerd zijn heeft men te maken met nutriënten en de verdeling hiervan. De focus in de literatuur is grotendeels gelijk gebleven in de afgelopen decennia, namelijk zo min mogelijk stikstofverlies in de stal. Maar de beweegredenen zijn wel bijgesteld. In de jaren '80 (Muck en Steenhuis, 1982; Muck en Richards, 1983), lag de focus op het conserveren van stikstof om zo efficiënt mogelijk te kunnen bemesten. Hierbij werd bij stalcondities vooral naar de temperatuur gekeken. Tegenwoordig gaat de aandacht meer naar het milieu, stikstofvervluchtiging uit de stal levert stankoverlast en luchtvervuiling op. In het tegengaan van deze gaat men uit van meerdere parameters, vloerdesign, temperatuur en luchtsnelheden boven het vloeroppervlak zijn van grote invloed op ammoniakemissie.

1.1.2 Model ontwikkeling

Eind jaren '90 is een NH_3 emissiemodel "Snelstal" opgesteld (Monteny *et al.*, 1998). Snelstal maakt gebruik van verschillende parameters welke voortkomen uit het design van een melkveestal, om zo de NH_3 emissie te schatten. Op dit moment wordt Snelstal door het ministerie van Economie, Landbouw en Innovatie (EL&I) gebruikt om de NH_3 emissie van nieuwe melkveestaltypes te schatten. Zodra zo'n nieuwe stal gebouwd is moet deze in de praktijk bemeten worden. Een probleem dat ontstaat bij het gebruik van Snelstal is het invoeren van nieuwe staltypes. Het model is gebaseerd op een stal met ligboxen, mestkelder en roostervloeren. Om een ander staltype in te voeren moet voor een aantal parameters waarden worden bedacht. Met name van nieuwe vloerentypes is niet bekend wat het effect is op de parameters plasgrootte en –dikte. Echter, volgens Van Laar (2011) en Snoek (2009) zijn deze twee parameters belangrijke factoren in het berekenen van de NH_3 emissie. Deze twee parameters zullen dus bepaald moeten worden voor nieuwe vloerentypes in de praktijk. Snoek heeft een proefopstelling gebouwd (Snoek, 2009) om het gedrag van vloeistoffen op verschillende vloeren te kunnen bestuderen. Deze opstelling is verder ontwikkeld door Haesen (2011); De Jong (2010) en Straver (2011).

1.1.3 Huidige situatie

In de huidige situatie is bekend dat de vloer een belangrijke invloed heeft op de plasgrootte en -dikte. De precieze invloed van het vloerdesign is niet bekend, naast design is betonsamenstelling mogelijk ook van invloed. Op dit moment is geen standaardmethode beschikbaar om deze parameters in de praktijk te meten. Daarnaast zijn er recentelijk veel nieuwe vloerdesigns geïntroduceerd waar voor deze paramaters nog geen standaardwaarden gedefinieerd zijn.

1.1.4 Gewenste situatie

In de gewenste situatie is er een goede methode om plasgrootte en -dikte op een betonvloer te meten. Met deze gegevens is het mogelijk de invloed van vloerdesign op deze parameters te bepalen. Snelstal is verbeterd, emissiemetingen kunnen uitgevoerd worden met behulp van dit model

1.2 Probleemstelling

In de literatuur is nog geen standaard meetmethode omschreven om plasgrootte te bepalen. De plasgrootte is echter een belangrijke parameter in de vorming van ammoniak (Monteny *et al.*, 1998). Recent zijn er diverse nieuwe vloeren ontwikkeld, voor deze vloeren is nog geen waarde bekend voor de hiervoor genoemde parameter. Daarnaast dienen de al langere tijd beschikbare vloeren opnieuw beoordeeld te worden met dezelfde meetmethode.

1.3 Doel

Het doel van dit project is onderzoeken van de mogelijkheden om de grootte van een urineplas op een betonvloer te kunnen meten. Dit maakt het mogelijk om de invloed van verschillende vloeren op de verspreiding van urine beter te onderzoeken. Uiteindelijk zorgt dit voor emissie arme vloeren en dus voor een lagere NH₃ emissie uit melkveestallen.

1.4 Onderzoeksvragen

1.4.1 Wat is de invloed van plasgrootte en -dikte op ammoniak emissie?

Literatuuronderzoek naar NH₃ emissie om de rol van urineplassen op een betonvloer te bepalen.

1.4.2 Hoe kan een vloeistof op beton gedetecteerd worden?

Literatuuronderzoek naar verschillende methoden om vloeistoffen te kunnen detecteren. Ook worden hierbij in het verleden gebruikte methoden onderzocht. Deze worden getoetst voor toepassingen onder ideale omstandigheden, zoals op de proefopstelling (Snoek, 2009).

1.4.3 Hoe is het oppervlak van een urineplas van een koe in de praktijk, op beton te meten?

Toetsen of de gevonden methoden geschikt zijn voor het detecteren van verse urine in de praktijk. Dit zal getoetst worden door middel van literatuuronderzoek en indien mogelijk door praktijkonderzoek.

1.5 Afbakening

Bij het literatuuronderzoek zal puur onderzoek worden gedaan naar de parameters plasgrootte en – dikte, andere parameters zullen slechts hieraan worden gerefereerd. Eventueel praktijkonderzoek zal onder ideale omstandigheden plaatsvinden, zonder obstakels en met een enkele bron voor de vloeistoffen. Bij het testen van methoden zal de verdere afbakening per mogelijke methode bepaald worden, aangezien op dit moment nog niet bekend is welke methodes beschikbaar zijn en uitgevoerd gaan worden.

2. Materialen en Methoden

2.1 Geschiedenis

Bij het zoeken naar methoden is allereerst gekeken naar wat reeds in andere onderzoeken gebruikt is, leidraad hierin zijn de proefschriften van Monteny en Aarnink en het IMAG-DLO rapport Ammoniak-emissie arme betonnen stalvloeren. Onderzoeken waarin oppervlakte bepaald of gebruikt wordt zijn bekeken en nader besproken met verschillende experts.

2.2 Experts

Er is contact gezocht met enkele experts uit het veld. De heer Aarnink is uitgebreid geïnterviewd (appendix 1) en is vooral gevraagd naar hoe hij het werk voor zijn proefschrift heeft uitgevoerd, ook is hem gevraagd naar hoe hij eventuele nieuwe methoden voor zich ziet.

Er is geïnformeerd bij dhr. Monteny naar zijn betrokkenheid bij oppervlaktebepaling op een betonvloer waarnaar wordt verwezen in zijn proefschrift. Hierop geeft dhr. Monteny aan dat hij niet betrokken is geweest bij het bepalen van oppervlakte. Voor zijn artikelen en proefschrift wordt gerefereerd naar een ongepubliceerd artikel van Ketelaars uit 1995 en een gepubliceerd artikel van Ketelaars uit 1994, gepubliceerd in (t Mannelje en Frame, 1994). Beide bronnen zijn niet meer te achterhalen, het gepubliceerde artikel is zoekgeraakt in de bibliotheek en ook dhr. Ketelaars was niet in de gelegenheid de artikelen te verschaffen.

Ook is er schriftelijk contact geweest met de heer Braam (appendix 2) vanwege zijn werk voor het IMAG DLO rapport Ammoniakemissie-arme Betonnen Stalvloeren (Braam en Hoorn, 1996). Hem is gevraagd naar de werking in de praktijk van rastermeetmethode welke gebruikt wordt in het rapport. Ook wordt gevraagd of en hoe er in het beschreven model rekening mee wordt gehouden dat plassen in de praktijk overlappen.

2.3 Zoektermen

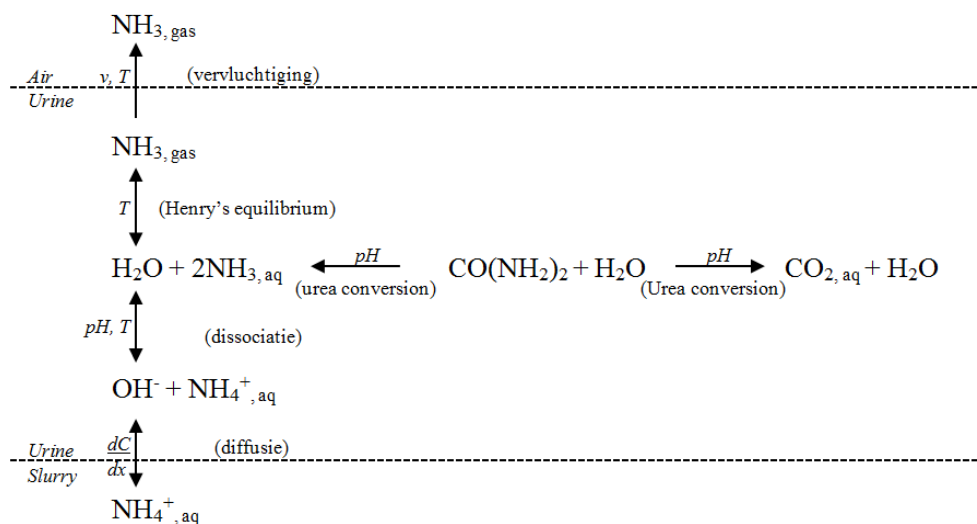
Voor dit onderzoek is gezocht op verschillende zoektermen, in de eerste instantie op Google Scholar, maar voor meer specifieke doeleinden ook op Scopus en Web of Science. Termen waarop is gezocht zijn combinaties van: cow, water, urine, detection, location, surface en concrete. Deze zijn zowel in het Engels als Nederlands gezocht. Daarnaast zijn bij de verschillende beschreven methoden specifieke termen voor deze methoden toegepast.

2.4 Selecteren methoden

De uiteindelijk gevonden lijst met mogelijke methoden wordt gekwalificeerd op haalbaarheid, dit wordt gedaan op basis van vergelijkbare toepassingen. Hieruit komt een lijst van zes methoden naar voren waarin in de rest van dit onderzoek gewerkt zal worden.

3. Ammoniakemissie

In de uitwerpselen van koeien zijn grote hoeveelheden stikstof aanwezig. Deze uitwerpselen vallen op betonnen stalvloeren en zolang deze nog nat zijn zullen deze dan ook ammoniak uitstoten. Deze ammoniak vervluchtigt alleen uit de bovenste laag van het natte oppervlak (Figuur 2-1).



Figuur 3-1 schematische weergave van stikstof gerelateerde processen in urine. pH = zuurgraad, T = temperatuur, v = lichtsnelheid, dC/dx = concentratieverschil tussen de lagen aq = opgelost, gas = gasvormig (Monteny, 2000).

3.1 Ammoniakvorming

De stikstof is, in de urine, vooral in non-proteïne vorm en dan vooral als ureum ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) aanwezig. Deze ureum zal onder invloed van urease reageren tot NH_3 (Figuur 2-1). Deze urease wordt gevormd door micro-organismen welke in overvloed aanwezig zijn in de feces, dus ook op vloeren die regelmatig bevuild worden door feces (Monteny en Erisman, 1998). Formule [2-1] geeft de hydrolyse van ureum weer in opgeloste fase.



De snelheid van de NH_3 productie door ureum hydrolyse is afhankelijk van de ureum concentratie in de urine en de maximale snelheid van de enzymatische ureum hydrolyse bij hoge urease concentraties, ook 'urease-activiteit' genoemd (Monteny en Erisman, 1998). Urease-activiteit is temperatuurafhankelijk. Maar onder de meeste omstandigheden in de commerciële veehouderij is de urease-activiteit zeer hoog (Braam en Hoorn, 1996), wat maakt dat de aanwezige ureum de limiterende factor is. Mogelijkheden om de ammoniakemissie van bevuilde vloeren terug te dringen moeten dan ook vooral gezocht worden in het terugbrengen van ureum concentraties (door voeding of vloercondities) of het drastisch terugbrengen van urease-activiteit (Monteny en Erisman, 1998).

3.2 Dissociatie

In de vloeistof bestaat een evenwicht tussen het geïoniseerde NH_4^+ (ammonium) en het niet-geïoniseerde NH_3 , dit evenwicht (vergelijking [2-2]) wordt ook wel Henry's equilibrium genoemd (Figuur 2-1).



De hoeveelheid NH_3 ten opzichte van de hoeveelheid TAN (Total Ammoniacal Nitrogen, som van NH_3 en NH_4^+) in de vloeistof is afhankelijk van de zuur dissociatie constante voor NH_3 , welke positief gecorreleerd is met de temperatuur. Ook is deze verhouding afhankelijk van de pH. Bij pH waarden van onder de 6-7 is bijna alle TAN in de vloeistof van de niet vluchtige-vorm NH_4^+ . Bij pH waarden van boven de 7 gaat de fractie NH_3 omhoog en bij waarden boven de 11 bestaat bijna alle TAN uit NH_3 . (Elzing en Monteny, 1997) hebben voor plassen voor een vloer in de praktijk een pH-waarde gevonden van 8.6. Bij deze waarde bestaat tot 50% van TAN uit vluchtig NH_3 (Groot Koerkamp en Elzing, 1996), dit is vooral afhankelijk van temperatuur. Verzuring van natte oppervlakten tot een pH van onder de 6 zou dan ook een effectieve manier zijn om NH_3 emissie tegen te gaan (Monteny en Erisman, 1998).

3.3 Vervluchtiging

Vervluchtiging van NH_3 gebeurt op de grens tussen het natte oppervlak en de lucht erboven (Figuur 2-1). De hoeveelheid vluchtige NH_3 is afhankelijk van het evenwicht tussen NH_3 in de opgeloste fase (l) en NH_3 in de gasfase (g) op deze grens (formule [2-3]) (Monteny en Erisman, 1998).



Het evenwicht uit formule [2-3] is alleen afhankelijk van de temperatuur, hogere temperaturen zorgen voor grotere hoeveelheden $\text{NH}_3(g)$.

De snelheid van NH_3 vervluchtiging (vergelijking [2-4]) is afhankelijk van de NH_3 massa overdracht coëfficiënt en het verschil in concentratie $\text{NH}_3(g)$ tussen de grens (bound) en de lucht erboven (air) (Monteny en Erisman, 1998).



De massa overdracht coëfficiënt voor NH_3 is afhankelijk van de temperatuur en de luchtsnelheid op de grens. Elzing en Monteny (1997) hebben aangetoond dat, voor gangbare waarden in melkveestallen, NH_3 vervluchtiging het hoogste is twee uur na de urinatie op de vloer. Daarnaast is gevonden dat de vervluchtiging 15 uur of meer duurt, afhankelijk van de omstandigheden. Om dit proces te beïnvloeden zal men moeten focussen op de reductie van de temperatuur of het minimaliseren van de luchtsnelheid gelijk boven de natte oppervlakten (Monteny en Erisman, 1998).

3.4 Plasvorming

Bij de vorming van een plas op een betonnen vloer zijn verschillende stappen te onderscheiden, deze stappen zijn vooral van invloed op het meetproces.

tabel 3-1 verschillende fases in de vorming van de plas: fase nummer, naam en beschrijving.

Nr	Fase	Beschrijving
1	Urinatie	Het moment van het urineren van de koe tot het neerkomen op de grond, op dit moment heeft de urine nog de volledige temperatuur welke het al had bij het verlaten van de koe. Temperatuurafname begint direct bij de koe, maar is nog minimaal, aangezien deze stap snel verloopt.
2	Verspreiden	De urine raakt de grond op een kleine oppervlakte en begint zich vanuit hier te verspreiden over de grond. Afkoeling gaat door, in deze fase begint vrijwel direct de vervluchtiging van ammoniak en de verdamping van de urine.
3	Afkoeling	Als de verspreiding is afgelopen gaat het afkoelen nog verder door totdat de omgevingstemperatuur bereikt is. In deze fase is er verdere vervluchtiging van de ammoniak en verdamping van het water in de urine.
4	Opdrogen	Vanaf het moment dat de plas zijn maximale grootte heeft bereikt zal deze alleen nog maar opdrogen, dit houdt in dat het water verdampt en de ammoniak vervliegt. De inhoud van de plas wordt dus weer kleiner.
5	Overlappen	Als een plas op de grond ligt en een nieuwe plas overlapt hiermee, dan kan het zijn dat een gedeelte van de oude plas verder gaat zoals het bezig was en wordt een ander gedeelte weggespoeld. Dit gedeelte stopt dus met de emissie, het proces begint weer opnieuw.

3.5 Overlappen

Het overlappen is een belangrijke fase in het urineren van de koe, het is ook een fase waar nog weinig van bekend is. Zo is het niet bekend hoe oppervlakte, dikte en temperatuur precies verlopen bij een overlapping, of hoe de pH is. Het kan aangenomen worden dat bij een overlapping de oppervlakte van de nieuwe plas groter wordt, aangezien een plas makkelijker uitdijt op een reeds natte oppervlakte. De nieuwe plas is weer warm en mogelijk is de pH anders. Het overlappen van de oude door de nieuwe plas heeft invloed op deze parameters voor beide plassen, omdat de plassen waarschijnlijk zullen vermengen. Uiteindelijk heeft deze fase dus invloed op de ammoniak vervluchtiging (paragraaf 3.3).

3.6 Omgevingsfactoren

In een stal zijn bepaalde objecten die zouden kunnen worden aangezien voor een urineplas, deze zogenaamde omgevingsfactoren zijn een risico in plasdetectie. Om deze uiteindelijk uit te kunnen sluiten is het van belang deze eerst te definiëren.

tabel 3-2 te onderscheiden omgevingsfactoren: naam en definitie

Nr.	Naam	Definitie
1	Levende objecten	Alle levende wezens welke in de stal aanwezig kunnen zijn, koeien, vogels, knaagdieren, huisdieren, maar ook de boer zelf.
2	Natte vloer	Oude plassen welke zijn uitgelopen door de koeien, verspreid zijn door de mestschuif of al eerder zijn neergelegd.
3	Droge vloer	Droge vloer waar nog wel opgedroogde mest aanwezig is.
4	Mest anders dan urine	Alles wat op de grond kan liggen wat normaal uiteindelijk wel in de mestput terecht hoort te komen, zoals feces, ligboxvulling of voerresten.
5	Stalobjecten	Alle objecten die verder nog in de stal aanwezig zijn zoals ligboxen, een drinkbak, een krachtvoerautomaat, een mestschuif.

3.7 Natte vloer/droge vloer

Voor detectie is het van belang onderscheid te maken tussen een plas, een natte vloer en een droge vloer. Een vloer kan emitteren zolang deze nat is, een natte vloer moet dus onderscheiden kunnen worden van een droge vloer. Voor het meten van een plas en het overlappen is het wel van belang een natte vloer te kunnen onderscheiden van een nieuwe plas. Een droge vloer wordt in dit verslag aangenomen als zijnde een opgedroogde vloer met mestresten. Het gevolg van deze droge vloeren is dat bij urinatie er direct een hoge urease-activiteit mogelijk is. Een nieuwe vloer zal droog zijn zonder opgedroogde mest, dit zal op de proefopstelling voorkomen, maar nauwelijks in praktijksituaties. In dit geval wordt gesproken van een “schone vloer”.

4. Meetmethoden

4.1 Rastermethoden

In het verleden zijn al verschillende onderzoeken gedaan naar de parameter plasgrootte en om deze parameter te kunnen meten zijn ook al verschillende methoden toegepast. Deze methoden verschillen over het algemeen vrij weinig van elkaar. Het is echter niet zo dat beiden ontwikkeld werden voor koeien. Het onderzoek van Aarnink (1997) is gericht op varkensstallen, terwijl het onderzoek van Braam en Hoorn (1996) is gericht op koeienstallen. Ook ten tijde van deze onderzoeken was er al een groot verschil in vloerdesign tussen deze twee takken van de veehouderij.

De eerste methode is beschreven in 'Ammoniakemissie-arme betonnen stalvloeren' (Braam en Hoorn, 1996) en werd gebruikt in het opmeten van urineplassen op gladde betonnen vloeren met een kleine helling, dit wil zeggen dat er geen roosterstructuur in deze vloeren aanwezig was. Bij deze methode werd een rooster met vakjes van 1 dm² over de plas gelegd en op die manier geschat hoe groot de plas was (appendix 2). Dit gebeurde visueel. Toentertijd zijn de gevonden waarden gerelateerd aan de afstand tot de giergoot (hoofdstuk 5.3).

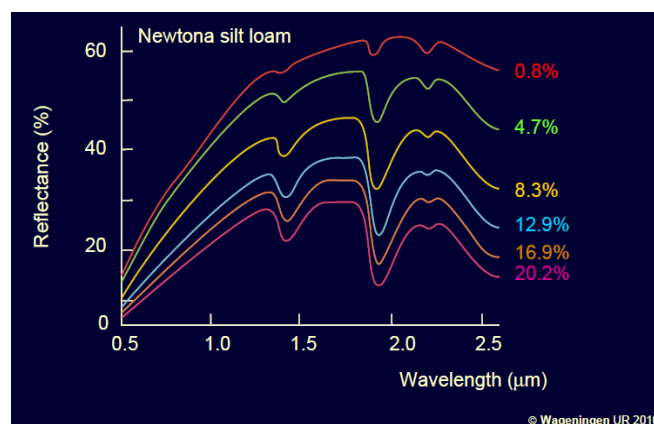
De tweede methode is gebruikt door Aarnink (Aarnink *et al.*, 1996; Aarnink, 1997) en hij heeft deze ook mondeling toegelicht (appendix 1). Bij deze methode was een rasterstructuur op de vloer van de stallen aangebracht en er was papier gemaakt met hierop hetzelfde raster. Een getrainde waarnemer nam vervolgens een à twee keer per week de natte oppervlakte op in een schets op dit papier. Aan de hand van deze schetsen werd vervolgens de oppervlakte bepaald van de urineplas op de vloer. De gevonden waarden werden gebruikt in een statistisch model om de ammoniakemissie uit een stal te bepalen (hoofdstuk 5.1).

4.2 Warmte

Een mogelijke methode in het detecteren van plassen op een gladde vloer is door middel van warmtecamera's, deze kunnen warmte detecteren met behulp van infrarood. Objecten stralen infrarode warmte uit als functie van de temperatuur (Van De Ven, 2011). Hoe hoger de temperatuur hoe meer infrarode straling er wordt uitgezonden. De camera vangt de infrarode straling op en zet dit om in zichtbaar licht. Plekken waar het infrarood licht een hoge intensiteit heeft worden omgezet in een felle kleur en plekken met een lage intensiteit wordt omgezet in een zwakkere kleur (Van De Ven, 2011). Op het moment dat de urine uit de koeien komt is de urine ongeveer van dezelfde temperatuur als de koe zelf en dus onder normale omstandigheden een stuk warmer dan de stalvloer. Hierdoor is bij constante metingen het verschil te onderscheiden tussen droge vloer, natte vloer en verse urineplas. Ook kunnen methodes toegepast worden die de achtergrond wegfilteren uit de afbeeldingen (Bertozzi *et al.*). Aangezien de plas bij een grote oppervlakte snel af zal koelen is het nodig constant te meten. Het is vervolgens mogelijk emissie te relateren aan de gemeten oppervlakten.

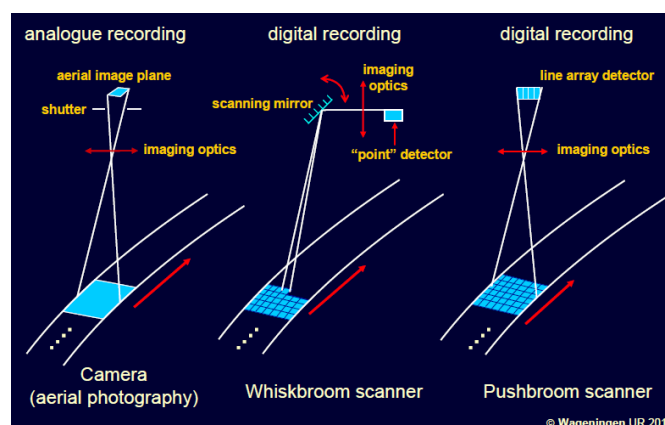
4.3 Vochtgehalte

Als een infraroodcamera wordt gebruikt om het vochtgehalte in de bodem te bepalen, zoals gebeurt in een satelliet, dan zou het zelfs mogelijk moeten zijn om vochtgehalte aan de oppervlakte van het beton vast te stellen. In de bodem worden bepaalde golflengtes gebruikt en in combinatie met de eigenschappen van de bodem (grondsoort, deeltjesgrootte) kan dan vervolgens het watergehalte van de bodem worden geschat (Whalley *et al.*, 1991). Een probleem bij het meten in de bodem is dat deze overal verschillend is, dit terwijl beton juist heel homogeen kan zijn. Dit laat alleen nog het bepalen van de juiste golflengte voor de juiste betonsoort, maar ook dit proces is vergelijkbaar met het proces voor verschillend bodems zoals uitgelegd in Weidong *et al.* (2002). In Figuur 3-1 is een reflectie te zien voor een grondsoort op verschillende vochtniveaus en frequenties. Een soortgelijke analyse zal ook gemaakt moeten worden van het gebruikte beton, dan zal het waarschijnlijk zelfs mogelijk zijn om de hoeveelheid vocht op het beton te bepalen.



Figuur 4-1 voorbeeld van reflecties voor een bodemsoort en meerdere verschillende vochtigheden en golflengtes (Clevers, 2010)

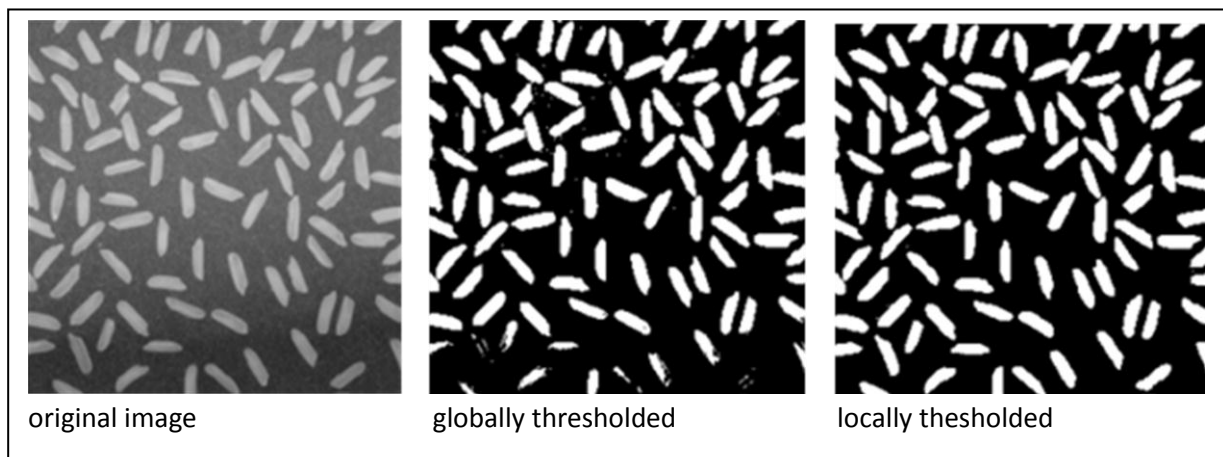
Er zijn verschillende manieren van meten, vergelijkbaar met verschillende manieren voor het meten met satellieten (Figuur 3-2). Satellieten bewegen over het land en zullen dus telkens een andere plaats meten, bij luchtfotografie wordt telkens op een andere plaats een foto gemaakt en wordt dit uiteindelijk opgebouwd tot een complete afbeelding ("Camera", Figuur 3-2). Bij scans zoals deze kan pixel voor pixel ("whiskbroom scanner", Figuur 3-2) gemeten worden, of een hele rij pixels per keer ("pushbroom scanner", Figuur 3-2). Bij deze methodes mist de satelliet dus wat er in de tussentijd is gebeurd. In een stal hoeft het niet zo te zijn dat de scanner meebeweegt, maar kan het ook zo zijn dat er constant overal gemeten wordt. Hoewel deze methode waarschijnlijk kostbaarder is, zal de verkregen data ook accurater zijn.



Figuur 4-2 verschillende methoden van scannen (Clevers, 2010)

4.4 Beeldverwerking

Via beeldverwerking kan een natte vloer onderscheiden worden van een droge vloer, op basis van kleurverschil. Hiervoor zijn verschillende methoden beschikbaar, maar de meest voor de hand liggende is een simpele “threshold” in te stellen (Gonzalez en Woods, 2008). In het geval van kleurenfoto’s zal het goed mogelijk zijn om via de kleuren omgevingsfactoren weg te filteren. Beton en nat beton zijn over het algemeen al bijna grijswaarden. Dus is het vervolgens mogelijk een threshold in te stellen (een threshold welke hetzelfde is over de gehele afbeelding heet ook wel een “global threshold” (Figuur 3-3)), of misschien zelfs de gevonden grijswaarde aan een vochtigheid te koppelen. Een threshold doet in het meest simpele geval niks anders dan de waarde van elke pixel vergelijken met een bepaalde grenswaarde (threshold). Naar aanleiding daarvan krijgt een pixel een 1 of een 0 als waarde, waardoor van een grijswaarde afbeelding een pure zwart-wit afbeelding wordt gemaakt. Een betere optie is om te segmenteren met local thresholding, hierbij wordt niet alleen naar de ingegeven waarden gekeken, maar ook naar de nabije omgeving ervan. Hierdoor kan men contrasten binnen een vlak met verschillende kleuren onderscheiden. Dit is bijvoorbeeld nuttig in het geval dat een bepaalde hoek van de stal onderbelicht is, zie ook Figuur 3-3. Te zien is dat de versie met de local thresholding beter overeenkomt met het origineel dan de versie met global thresholding.



Figuur 4-3 voorbeeld van thresholding en local thresholding (Shoelson, 2010)

4.5 3D camera

Een optie zou kunnen zijn om een 3D profiel van de schone betonnen vloer te maken en deze vervolgens telkens van het actuele profiel af te trekken. Hierbij zou dan een inhoud gevonden worden die ook de inhoud van de plas benadert, ook hiervoor geldt weer: hoe hoger de resolutie hoe, beter het resultaat. Een van de opties voor dit concept zou een ‘time-of-flight’ camera kunnen zijn. Deze camera’s meten de afstand tot een object door het verschil in fase te meten tussen het gereflecteerde licht en het uitgezonden licht voor elke pixel van de camera (Klose *et al.*, 2009). Helaas is precisie van een time-of-flight camera nog niet erg hoog, volgens Middel (2011) en Klose *et al.* (2009) is de theoretische precisie 1 mm, maar kan in de praktijk een verschil vanaf ongeveer 10 mm gedetecteerd worden. De dikte van een urineplas wordt in Elzing en Monteny (1997) aangenomen op 0.48 mm. Dit is kleiner dan de theoretische precisie van een time-of-flight camera.

4.6 Intelligente vloeren

In de toekomst zou het mogelijk kunnen zijn vloeren zelf door te laten geven wat de condities op de vloer zijn. Deze vloeren zouden nog van beton kunnen zijn, maar kunnen ook van andere materialen gemaakt worden. Minimaal zouden deze vloeren dan voor bepaalde oppervlakten door moeten kunnen geven of ze nat of droog zijn. Maar potentieel zou alles tot in detail door de vloer zelf gemeten kunnen worden, bijvoorbeeld vochthoogte, temperatuur en zelfs chemische samenstelling van wat zich op de vloer bevindt.

Een mogelijkheid om dit te bewerkstelligen is het integreren van sensoren in het vloeroppervlak. Deze zouden door middel van druksensoren, vochtsensoren, temperatuursensoren en pH-sensors specifieke gegevens over de urineplas kunnen bepalen.

4.7 Overzicht methoden

De methoden die hierboven genoemd worden zijn alle min of meer geschikt voor het meten aan een urineplas op een betonnen vloer. In hoofdstuk 2 (tabel 3-1) worden de verschillende fases van de urinatie gedefinieerd, deze fases worden vervolgens getoetst aan de verschillende methoden in de bemeetbaarheid in tabel 4-1.

tabel 4-1 mogelijkheden van de verschillende methoden om bepaalde fases van de urinatie in beeld te brengen (++ : geschikt, + : mogelijk, - : niet mogelijk)

	urinatie	verspreiden	afkoeling	Opdrogen	overlappen
Rastermethode	++	+	-	-	+
Warmte	+	++	++	-	+
Vochtgehalte	+	++	-	++	++
Beeldverwerking	++	++	-	-	+
3D camera	-	+	-	+	+
Intelligente vloeren	+	++	+	+	+

De rastermethode meet alleen de oppervlakte van de plassen en gebeurt geheel visueel. De urinatie wordt dus gezien, het verspreiden en overlappen worden wel gezien, maar zijn niet accuraat vast te leggen. Afkoelen en opdrogen zijn niet visueel vast te stellen.

De warmte methode detecteert op basis van de afkoeling vanaf de lichaamswarmte van de koe tot aan de omgevingstemperatuur. Hierdoor zijn de verspreiding en de afkoeling te meten met deze methode. De urinatie zou gedetecteerd kunnen worden, mits de sensor een goede resolutie heeft. Ook het overlappen zou gemeten kunnen worden door vermenging van temperaturen. Het opdrogen is niet te meten omdat omgevingstemperatuur reeds is bereikt.

De vochtgehalte methode is geschikt om de verspreiding, het opdrogen en het overlappen te meten, omdat bij deze fases de hoeveelheid vocht een rol speelt. De urinatie is alleen te meten als de resolutie hoog genoeg is, omdat van boven het oppervlak relatief klein is. De afkoeling is niet te meten aangezien geen temperatuur wordt gemeten.

Beeldverwerking meet op basis van kleur, hierdoor zijn zowel de urinatie als de verspreiding te meten, aangezien bij deze twee fases er een aanzienlijk kleurverschil is. Bij zowel opdrogen als overlappen zal het kleurverschil minder zijn en zal het dus moeilijker te meten zijn. Afkoelen brengt geen kleurverschil met zich mee en is dus niet te meten.

Bij voldoende resolutie zal de 3D methode in staat zijn hoogteverschillen met de vloer te meten, hierdoor zou het mogelijk kunnen zijn verspreiden, opdrogen en overlappen te meten omdat hoogteverschil hierbij een rol speelt. Bij afkoelen is dit niet het geval en dit is dan ook niet te meten. De urinatie vindt gelijk bij de koe plaats en zal dan ook niet van de koe te onderscheiden zijn.

In het geval van intelligente vloeren zou het minstens mogelijk zijn vocht op het beton te detecteren, verspreiden zal dus te meten zijn. In de optie dat ook temperatuur wordt gemeten zal ook de afkoeling en het overlappen gemeten kunnen worden. Het moment van urinatie zou bepaald kunnen worden aan de hand van de gevonden data van neerkomen. Opdrogen zou in het geval van uitgebreide metingen ook bepaald kunnen worden.

5. Toepassen meetmethoden

5.1 Toepassingen in de varkenshouderij

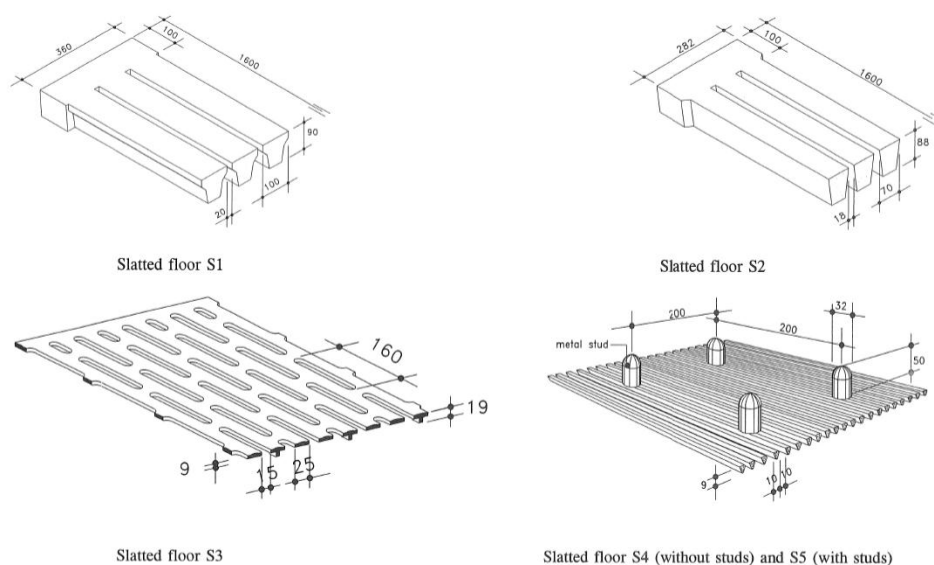
Dhr. Aarnink heeft voor zijn onderzoek naar de ammoniakemissie van varkensstallen (Aarnink, 1997) een statistisch model opgesteld om de emissie van ammoniak te kunnen bepalen. Varkens zijn hygiënische dieren, wat resulteert in natte plekken op vaste plekken waar ze hun behoefte doen. Daarnaast zijn de hokken kleiner dan bij melkvee en is er over het algemeen een hogere luchtvochtigheid. Vandaar dat de oppervlakte van de plas in de stal slechts één à twee keer per week gemeten is. En de waarden die hieruit komen kunnen worden aangenomen als zijnde constant.

In de varkenshouderij is, in tegenstelling tot de rundveehouderij, een redelijk grote keuze aan vloeren. Betonnen (rooster)vloeren worden gebruikt, maar ook metalen vloeren of plastic (gecoate) vloeren (Figuur 4-1). Al deze verschillende vloertypen hebben een grote invloed op de afvloeiing van het vocht de kelder in. De ammoniakemissie wordt volgens Aarnink (Aarnink *et al.*, 1996; Aarnink, 1997) bepaald door formule 4-1.

$$z_t = \beta_0 + P_i + C_j + S_k + M_{ijk} + \beta_1 A_{ijk} + e_{ijkt} \quad [4-1]$$

In formule 4-1 zitten de volgende variabelen:

z_t	logaritme van de ammoniakemissie
β_0	constante
β_1	regressie coëfficiënt
P_i	effect van groeiperiode i (1,2)
C_j	effect van compartiment j (1,2,3)
S_k	effect van vloertype k (1-5)
M_{ijk}	het willekeurige effect van meetperiode ijk
A_{ijk}	het natte vloeroppervlakte in meetperiode ijk (m ² per plaats)
e_{ijkt}	error in meetperiode ijk op dag t met een gemiddelde van 0 en een variantie σ_e^2



Figuur 5-1 Verschillende vloeren uit de varkenshouderij uit (Aarnink, 1997), S1 en S2 zijn van beton, S3 is gietijzer en S4 is metaal.

5.2 Snelstal

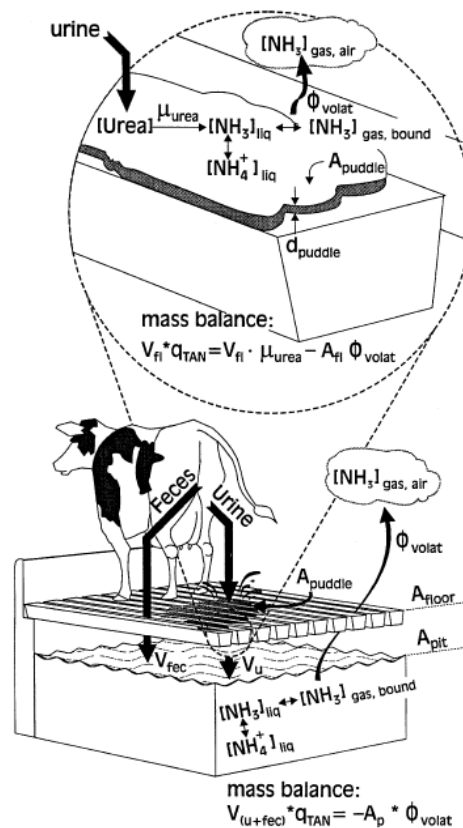
Volgens Monteny *et al.* (1998) en De Jong (2010) ziet de massabalans voor ammoniak in een urineplas op de vloer er als volgt uit (formule 4-2), de symbolen zijn geïllustreerd in Figuur 4-2.

$$V_{fl} * q_{TAN}^* = V_{fl} * \mu_{urea} - A_{fl} + \Phi_{volat}'' \quad [4-2]$$

In formule 4-2 zitten de volgende variabelen:

V_{fl}	volume van de urineplas op de roostervloer (m^3)
q_{TAN}^*	percentage accumulatie TAN (Total Ammonia Nitrogen) per volume ($kg\ m^{-3}\ s^{-1}$)
A_{fl}	oppervlak ondergrond plas (m^2)
Φ_{volat}''	NH_3 -N massaflux als gevolg van vervluchtiging ($kg\ m^{-2}\ s^{-1}$)
μ_{urea}	NH_3 -N productie van enzymomzetting van ureum ($kg\ m^{-3}\ s^{-1}$)

Wat opvalt aan de massabalans is dat de ammoniakvorming afhankelijk is van de V_{fl} en de A_{fl} oftewel het volume en oppervlak van de urineplas. Een kleinere waarde voor V_{fl} zorgt voor minder ammoniakvorming. Het is dus van belang om de urine op de vloer zo snel mogelijk af te voeren en te scheiden van de mest die ook op de vloer ligt (De Jong, 2010). Uit formule 4-2 wordt duidelijk dat alle vervluchtiging afhankelijk is van de oppervlakte van de plas, getuige de $-A_{fl} + \Phi_{volat}''$ wat de vervluchtiging voorstelt.



Figuur 5-2 schematische weergave van ammoniakemissie van een roostervloer (Monteny *et al.*, 1998)

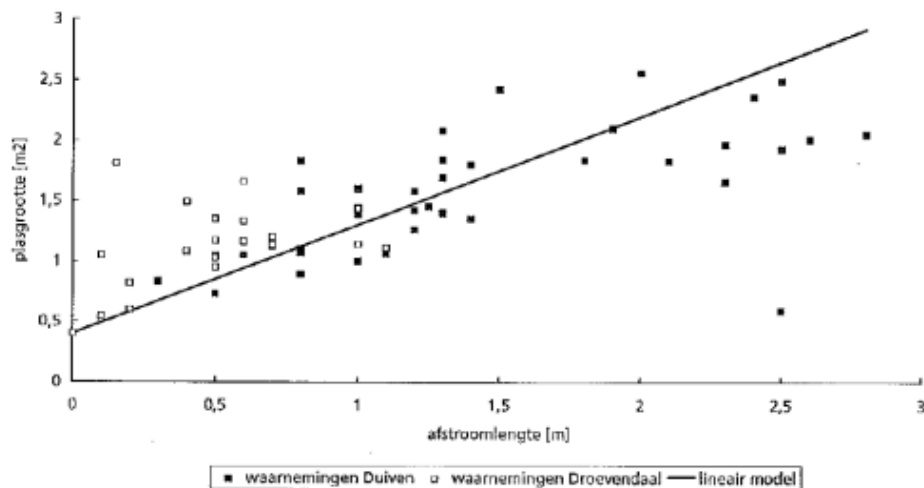
Parameters uit Figuur 4-2 welke nog niet benoemd waren:

$[\text{NH}_3]_{\text{gas, air}}$	concentratie NH_3 in gasvorm in de lucht
[Urea]	concentratie Ureum
$[\text{NH}_3]_{\text{liq}}$	concentratie NH_3 in de vloeistof
$[\text{NH}_4^+]_{\text{liq}}$	concentratie NH_4^+ in de vloeistof
$[\text{NH}_3]_{\text{gas, bound}}$	concentratie NH_3 in gasvorm op de grens
A_{puddle}	oppervlakte van de plas
d_{puddle}	dikte van de plas
A_{floor}	oppervlakte van de vloer
A_{pit}	oppervlakte van de mestput
$V_{(\text{u}+\text{fec})}$	volume van de aanwezige urine en feces in de mestput
A_{p}	oppervlakte van de mestput

Monteny laat de vervluchtiging van ammoniak op de vloer van vele variabelen afhangen zoals temperatuur, luchtsnelheid en de fractie $\text{NH}_3\text{-N}$ (Monteny *et al.*, 1998). De oppervlakte wordt aangenomen op 0.8 m^2 voor urineplassen op een roostervloer, wat gebaseerd is op ongepubliceerd onderzoek van Ketelaars *et al.* uit 1995. In het model wordt wel rekening gehouden met het overlappen van urineplassen. Het model gaat ervan uit dat de processen gelijk na urinatie starten en doorgaan tot een nieuwe urinatie de oude bedekt. De plas is dus altijd helemaal overlapt of helemaal niet, het model kent geen deel-overlapping. De oude plas spoelt dan weg naar de kelder en de processen in de nieuwe plas beginnen (Monteny *et al.*, 1998).

5.3 Ammoniakemissie-arme Betonnen Stalvloeren

Het model zoals beschreven in het IMAG-DLO rapport Ammoniakemissie-arme Betonnen Stalvloeren (Braam en Hoorn, 1996) is ontwikkeld voor gladde betonnen vloeren met een helling (Figuur 4-4). Er is vooral onderzoek gedaan naar het gedrag van vloeistoffen op een hellende betonvloer. Hier is uit metingen gebleken dat een plas kan worden beschreven als een vierkant met zijden van 0.9 m, dit komt dus neer op een oppervlakte van ongeveer 0.8 m². Aangenomen wordt dat de minimale grootte 0.4 m² is. Deze metingen (Figuur 4-3) zijn gedaan op een aflopende vloer en uit de metingen blijkt dat de relatie tussen de afstand tot de giergoot en de grootte van de plas kan worden beschreven door formule 4-3.



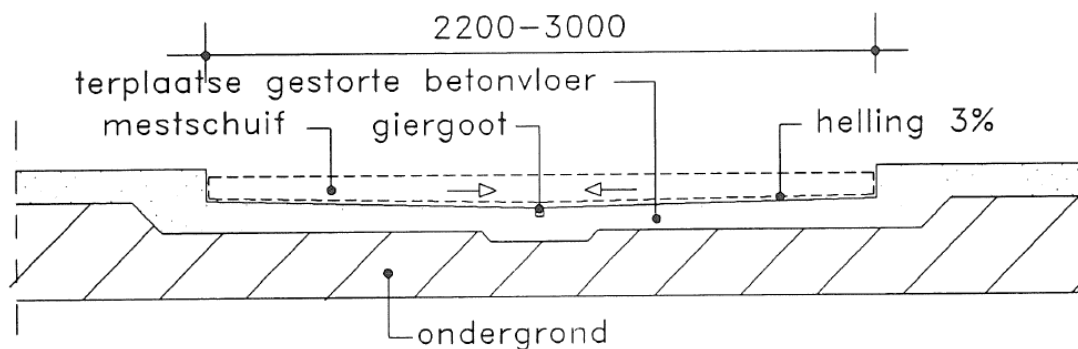
Figuur 5-3 praktijkmetingen van nat vloeroppervlak uitgezet tegen afstand tot de goot (Braam en Hoorn, 1996). Hierin is ook de lijn weergegeven uit formule 4-3

$$A = 0.4 + 0.9x_7$$

[4-3]

In formule 4-3 zitten de volgende variabelen:

- A oppervlakte urineplas (m²)
- x₇ gemiddelde afstroamlengte (m)



Figuur 5-4 schematische weergave van een gladde betonvloer met helling en giergoot uit (Braam en Hoorn, 1996)

5.4 Urine onderscheiden

In de voorgaande hoofdstukken worden water en urine regelmatig uitwisselbaar gebruikt. Bij de experimenten van Snoek (2009) De Jong (2010), Haesen (2011) en Straver (2011) wordt uit praktische overwegingen water gebruikt in plaats van urine. Urine is zeer variabel, zowel afhankelijk van de koe als van de levensfase waarin de koe zich bevindt. Andere factoren die de urine beïnvloeden zijn: melkproductie, voedingssamenstelling, watergebruik en het ras (Snoek, 2009).

Urine bestaat voor ongeveer 98% uit water (Ledgard *et al.*, 1982). De stoffen die, buiten NH_3 en NH_4^+ , nog in de urine aanwezig zijn: kalium, sulfuur, calcium, magnesium, natrium, fosfor (Ledgard *et al.*, 1982).

Er zijn ook verschillen in natuurkundige eigenschappen tussen water en urine, zo zijn temperatuur, dichtheid, viscositeit en oppervlaktespanning belangrijke eigenschappen in de vergelijking tussen water en urine. Temperatuur is na te bootsen en deze heeft ook zijn invloed op de dichtheid, maar deze invloed valt te verwaarlozen (Snoek, 2009). De dichtheid heeft verder kleine verschillen, maar is variabel in urine. Er is een verschil in viscositeit tussen water en urine, wat afhankelijk is van de droge stof (DM) inhoud van de urine (Snoek, 2009). Er is geen data beschikbaar over het verschil in oppervlaktespanning. Wel is bekend dat voor menselijke urine de oppervlaktespanning kleiner wordt in de tijd (Perryman en Selous, 1935), het is dus aannemelijk dat dit voor koeien ook gebeurt (Snoek, 2009).

Als water gebruikt zou worden in een experiment in plaats van urine zal dus voor een aantal van de bovenstaande eigenschappen moeten worden gecorrigeerd. De verschillen in oppervlaktespanning, viscositeit en dichtheid zijn afhankelijk van de chemische samenstelling van de urine (Straver, 2011) en zijn dus variabel per plas. Voor temperatuur zal ook gecorrigeerd moeten worden, hiermee zouden ook de andere eigenschappen beïnvloed kunnen worden.

5.5 Onderscheiden van Omgevingsfactoren

Bij alle methoden is het risico aanwezig dat op een of andere manier niet alleen urineplassen worden gedetecteerd. Er zal dus altijd een beveiliging aanwezig moeten zijn om te zorgen dat alleen urineplassen worden gedetecteerd. In hoofdstuk 0 worden verschillende omgevingsfactoren gedefinieerd, de verschillende meetmethoden (hoofdstuk 3) worden in tabel 5-1 getoetst op detectie van de verschillende omgevingsfactoren.

tabel 5-1 te onderscheiden omgevingsfactoren per methode (++ : geschikt, + : mogelijk, - : niet mogelijk)

methode	Levende objecten	Natte vloer	Droge vloer	Mest anders dan urine	stalobjecten
Raster	++	+	++	++	++
Warmte	-	++	++	-	+
Vochtgehalte	+	+	++	+	+
Beeldverwerking	++	-	+	+	++
3D camera	++	-	-	+	++
Intelligente vloeren	++	+	++	+	++

De rastermethode gebeurt in zijn geheel door mensen, hierdoor zullen omgevingsfactoren automatisch niet worden meegenomen in de metingen. Alleen het visueel maken van een onderscheid tussen een natte vloer en een plas zou moeilijk kunnen zijn.

Warmtedetectie scant op objecten welke ongeveer gelijk zijn aan de lichaamstemperatuur van de koe. Hierdoor zullen levende objecten en (verse) mest ook gedetecteerd worden. Ook zouden stalobjecten welke warmte uitstralen gedetecteerd kunnen worden. De droge vloer en de natte vloer zijn reeds afgekoeld en zullen onderscheiden kunnen worden.

Bij de detectie op vochtgehalte door middel van infrarood zal elke gevonden waarde worden gekoppeld aan een bepaalde waterdikte op de vloer. Bij het scannen van levende objecten, natte vloer en mest zal ook een waarde worden gevonden en dus zouden deze ook herkend kunnen worden als een plas. Ook stalobjecten zouden nat kunnen zijn, zoals de mestschuif en de drinkbak. Een droge vloer is opgedroogd en zal dus geen respons geven.

Via beeldverwerking is het mogelijk levende objecten en stalobjecten te onderscheiden via kleurverschil. Bij zowel de natte vloer, droge vloer en mest anders dan urine zouden de kleuren grotendeels hetzelfde kunnen zijn als van de plas en daarom zouden ze moeilijk te onderscheiden zijn.

De 3D camera kan grote hoogteverschillen onderscheiden en dus zullen levende objecten en stalobjecten geen probleem vormen. De natte vloer en droge vloer hebben niet genoeg hoogteverschil met de plas om onderscheidend te zijn. Bij mest anders dan urine zal dit per geval verschillen.

De intelligente vloer meet niet van boven het oppervlak, maar van het oppervlak zelf, wat inhoudt dat levende objecten en stalobjecten niet gedetecteerd zullen worden. De droge vloer zal te onderscheiden zijn. Mest anders dan urine en de natte vloer zijn beide nat en liggen beide op de vloer dus zou het een probleem op kunnen leveren deze te onderscheiden.

6. Discussie

6.1 Methoden

1. Rastermethoden

Hoe de rastermethode ook uitgevoerd wordt, hij zal altijd erg arbeidsintensief zijn. Daarnaast kunnen alleen de oppervlakten van goed omrande plassen zonder overlap gemeten worden, de verschillende fases kunnen niet gemeten worden. De methode is wel accuraat omdat alles aan het menselijk oog wordt overgelaten, er is dus een minimaal risico omgevingsfactoren onbedoeld mee te nemen. Een probleem zou kunnen zijn dat mensen getraind moeten worden om een plas goed te kunnen meten.

2. Warmte

De warmtemethode heeft een groot potentieel aangezien het verschil in warmte tussen de vloer en urine makkelijk te onderscheiden is. Vooral op de proefopstelling, waar geen omgevingsfactoren aanwezig zijn, zou deze methode goed toepasbaar zijn. In het onderscheiden van omgevingsfactoren is deze methode minder goed. Als een plas op de grond valt zal deze binnen korte tijd gedetecteerd moeten worden, omdat deze anders dezelfde temperatuur heeft als het vloeroppervlakte, er zal dus continu gemeten moeten worden. Dit heeft tot gevolg dat de vervluchting van de plas na afkoeling volledig zal moeten worden gemodelleerd.

3. Vochtgehalte

Bij de metingen op vochtgehalte zou het mogelijk kunnen zijn om een plas goed te onderscheiden. Helaas is het mij niet gelukt data te vinden over vochtdetectie op een oppervlak, maar als vochtdetectie in de bodem mogelijk is zou het ook mogelijk moeten zijn vocht te detecteren op beton. Het zou ook kunnen dat alleen te bepalen is of er vocht ligt, niet hoeveel, dit zou moeten blijken uit praktijkonderzoek.

4. Beeldverwerking

Via beeldverwerking is het relatief eenvoudig omgevingsfactoren weg te filteren, het herkennen van plassen, vooral op droge of natte vloer, is een stuk moeilijker. Deze methode is dus vooral toepasbaar in combinatie met een andere methode.

5. 3D Camera

De 3D camera is nog niet accuraat genoeg voor het detecteren van plassen, voor het detecteren van omgevingsfactoren zou deze methode wel geschikt zijn aangezien deze vaak grotere hoogteverschillen met de grond hebben. Deze methode zou dus ook vooral toepasbaar zijn in combinatie met een andere methode om de plassen te onderscheiden.

6. Intelligente vloer

De intelligente vloer is een goede mogelijkheid, maar deze methode is nog slechts toekomstmuziek. Een vloer die de genoemde eigenschappen heeft zal eerst nog ontwikkeld moeten worden voordat deze toegepast zou kunnen worden. Er moet wel rekening worden gehouden met het feit dat deze vloer anders zou kunnen reageren op water dan op urine, vooral door de verschillen in oppervlaktespanning en viscositeit.

6.2 Eigenschappen urine

Over de eigenschappen van urine van koeien is nog betrekkelijk weinig bekend, over oppervlaktespanning is nog niets bekend en ook naar andere eigenschappen is nog weinig onderzoek gedaan. Deze eigenschappen zijn belangrijk om de proef op de proefopstelling accuraat uit te kunnen voeren, maar minder om meetmethoden te testen. Hiervoor zou samenstelling wel belangrijk kunnen zijn, het is mogelijk dat infrarood in staat is bepaalde stoffen in de urine, en hierdoor plassen, te detecteren. Maar dit zal praktijkonderzoek moeten uitwijzen.

6.3 Vloerdesign

Het vloerdesign is van grote invloed op de vorming van plassen, het kan het ook moeilijker maken om metingen uit te doen. Bij gladde, dichte, betonnen vloeren zijn er geen rare hoeken waar urine nog kan emitteren terwijl het niet gedetecteerd wordt. Terwijl bij roostervloeren of vloeren met een sleuvenstructuur urine ook op verticale oppervlakten kan kleven terwijl het emitteert, dit maak het meten lastiger.

6.4 Modelleren

Alle data die men niet kan aflezen uit de meetmethode moet gemodelleerd worden. Als men bijvoorbeeld de dikte van de plas niet constant meet zal men de dikte tussen twee metingen moeten inschatten door middel van modelleren. Hoe meer data een meetmethode dus genereert, hoe betrouwbaarder de metingen zullen zijn. Ook kan gemeten data worden gebruikt om een model als Snelstal betrouwbaarder te maken, of aan te passen voor een bepaald vloertype. Bestaande formules zijn niet goed toepasbaar op moderne vloeren met sleuvenprofielen. Deze geven rare hoeken en dergelijke welke het moeilijk maken een goede inschatting te maken van de oppervlakte van de plas op de vloer. Ook moet rekening gehouden worden met urine die aan de verticale oppervlakten kleeft bij zowel rooster- als sleuvenvloeren. In het geval van Snelstal is het ook nog niet mogelijk voor plassen om te overlappen, met betere kennis van wat er op de vloer gebeurt is het ook mogelijk dit in Snelstal te integreren.

6.5 Overlappen

Het is nog niet goed bekend wat er gebeurt bij het overlappen van plassen. Er zal een warme plas op het voorheen koude (omgevingstemperatuur) oppervlak vallen waardoor de warmte zich zal gaan vermengen. Ook is het mogelijk dat een plas meer uitdijt, dit omdat de ondergrond al nat is. Het is niet bekend wat de effecten hiervan zijn op ammoniakemissie. Dit zal nog verder onderzocht moeten worden.

6.6 Onderzoek

Binnen mijn onderzoek ben ik er niet meer toe gekomen praktijkmetingen te doen. Dit heeft tot gevolg dat het verslag een compleet literatuuronderzoek is geworden. Er is geprobeerd alle methoden te toetsen aan bepaalde parameters, maar binnen dit onderzoek is dit niet in de praktijk getoetst.

7. Conclusie

7.1 Wat is de invloed van plasgrootte en -dikte op ammoniakemissie?

Plasgrootte en –dikte zijn van grote invloed op de ammoniakemissie. In de praktijk reageert alleen de bovenste laag van de urineplas. In dit geval is dus de oppervlakte de belangrijkste factor, want uitgaande van een gelijke inhoud is de oppervlakte de limiterende factor voor het contactoppervlak tussen lucht en plas. Dikte is alleen van belang om de totale hoeveelheid urine te bepalen.

7.2 Hoe kan een vloeistof op beton gedetecteerd worden?

De best toepasbare methode voor het meten aan een plas op de proefopstelling is de warmtedetectiemethode. Er moet dan gewerkt worden met een vloeistof op de lichaamstemperatuur van de koe. Hiermee kan de oppervlakte van een standaardplas op verschillende vloeren bepaald worden

7.3 Hoe is het oppervlak van een urineplas van een koe in de praktijk, op beton te meten?

Omgevingsfactoren en condities op de grond kunnen het moeilijk maken om een plas precies te onderscheiden. Het meest betrouwbaar is dus om metingen visueel te doen via een raster. Deze methode is arbeidsintensief en er zijn getrainde mensen voor nodig, maar het is de beste methode die op dit moment toepasbaar is.

8. Aanbevelingen

De beschreven methoden zijn veelal nog niet voor dit specifieke doeleinde toegepast. Alleen de rastermethode is in het verleden gebruikt. Alle andere methoden dienen nog op toepassing te worden getest. Vooral in het geval van de vochtgehalte-methode is het nodig dat wordt bepaald of laagdikte hiermee bepaald kan worden of mogelijk alleen een “nat” of “niet-nat” waarde.

Urine bestaat niet alleen uit water en mogelijk bestaat er ook potentieel voor het detecteren van andere stoffen in de urine, dit zal nader onderzocht moeten worden door middel van praktijkonderzoek. Er moet hierbij vooral worden gekeken naar methoden met infrarood, wat voor bepaalde stoffen zou kunnen reflecteren voor bepaalde golflengten.

Voor betrouwbare testen op de proefopstelling moet de gebruikte vloeistof zo dicht mogelijk bij de fysische eigenschappen van urine zitten, hiervoor is het dus in de eerste plaats nodig deze fysische eigenschappen van urine te bepalen. Vooral de viscositeit en oppervlaktespanning zijn hierbij bepalende factoren over welke nog te weinig bekend is.

Over het overlappen van urineplassen is nog te weinig bekend, vooral het effect van overlappen op de vloeistofverspreiding, ammoniakconcentraties en warmteverdeling moet onderzocht worden om het overlappen in een model te kunnen integreren.

Als er uiteindelijk een goede methode is om de oppervlakte van urineplassen op een stalvloer te meten is het mogelijk Snelstal met de gevonden waarden aan te passen en hiermee geschikt te maken voor verschillende vloerdesigns welke tegenwoordig gebruikt worden. Een volgende stap zou dan nog zijn om de natte oppervlakte in een stal als een dynamische input te nemen in een model als Snelstal zodat er geen waarde meer voor hoeft te worden aangenomen.

9. Literatuur

Aarnink, A. J. A. (1997). Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. Proefschrift Wageningen IMAG-DLO, Wageningen

Aarnink, A. J. A., A. J. Van Den Berg, A. Keen, P. Hoeksma en M. W. A. Verstegen (1996). "Effect of slatted floor area on ammonia emission and on the excretory and lying behaviour of growing pigs." Journal of Agricultural Engineering Research **64**(4): 299-310.

Bertozzi, M., A. Broggi, C. Caraffi, M. Del Rose, M. Felisa en G. Vezzoni (2007). "Pedestrian detection by means of far-infrared stereo vision." Computer Vision and Image Understanding **106**(2-3): 194-204.

Braam, C. R. en C. J. v. d. Hoorn (1996). Ammoniakemissie-arme betonnen stalvloeren. Resultaten van experimenteel en toegepast onderzoek, IMAG-DLO rapport 96-12, CUR rapport 188, 207 pp.

Clevers, J. (2010). RS Acquisition Systems. Powerpoint presentation, GRS-10306, Wageningen UR

Clevers, J. (2010). Spectral Signatures. Powerpoint presentation, GRS-10306, Wageningen UR

De Jong, R. H. (2010). Urinetransport van verschillende vloeren in een koeienstal. Bachelor Thesis Farm Technology Wageningen UR, Wageningen

Elzing, A., W. Kroodsmas en R. Scholtens (1992). Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestal : theoretische beschouwingen = Ammonia emission measurements in a model system of a dairy cattle housing : theoretical considerations. Wageningen, IMAG-DLO.

Elzing, A. en G. J. Monteny (1997). "Modeling and experimental determination of ammonia emissions rates from a scale model dairy-cow house." Transactions of the American Society of Agricultural Engineers **40**(3): 721-726.

Gonzalez, R. C. en R. E. Woods (2008). Digital image processing. Upper Saddle River, NJ [etc.], Pearson/Prentice Hall.

Groot Koerkamp, P. W. G. en A. Elzing (1996). "Degradation of nitrogenous components in and volatilization of ammonia from litter in aviary housing systems for laying hens." Transactions of the American Society of Agricultural Engineers **39**(1): 211-218.

Haesen, G. P. M. J. (2011). A new floor design for a dairy cow house to reduce ammonia emission : the design approach of a new floor design and related experiments. Master Thesis Farm Technology Wageningen UR, Wageningen

Klose, R., J. Penlington en A. Ruckelshausen (2009). "Usability study of 3D Time-of-Flight cameras for automatic plant phenotyping " Bornimer Agrartechnische Berichte **Heft 69: 93#105**,.

Ledgard, S. F., K. W. Steele en W. H. M. Saunders (1982). "Effects of cow urine and its major constituents on pasture properties (ryegrass)." New Zealand Journal of Agricultural Research **25(1)**: 61-68.

Middel, W. D. (2011). Volume estimation of potatoes using 3D machine vision : testing possibilities of a time of flight camera, improving volume models and recognizing soil clods. Master Thesis Farm Technology Wageningen UR, Wageningen

Monteny, G. J. (2000). Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. PhD thesis Wageningen UR, Wageningen

Monteny, G. J. en J. W. Erisman (1998). "Ammonia emission from dairy cow buildings: A review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction." Netherlands Journal of Agricultural Science **46(3-4)**: 225-247.

Monteny, G. J., D. D. Schulte, A. Elzing en E. J. J. Lamaker (1998). A conceptual mechanistic model for the ammonia emissions from free stall cubicle dairy cow houses.

Muck, R. E. en B. K. Richards (1983). "Losses of manurial nitrogen in free-stall barns." Agricultural Wastes **7(2)**: 65-79.

Muck, R. E. en T. S. Steenhuis (1982). "Nitrogen losses from manure storages." Agricultural Wastes **4(1)**: 41-54.

Perryman, P. W. en C. F. Selous (1935). "Some physiological and physical aspects of the surface tension of urine." The Journal of Physiology **85(2)**: 128-144.

Shoelson, B. (2010, 08-02-2011). "ThresholdLocally." Retrieved 04-08-2011, from <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/29764-thresholdlocally>.

Snoek, J. W. (2009). Effect of floor design in a dairy cow house on ammonia emission. Master Thesis Farm Technology Wageningen UR, Wageningen

Straver, J. (2011). Onderzoek naar druppelvorming onder een vloerelement in een koeienstal. Bachelor Thesis Farm Technology Wageningen UR, Wageningen

t Mannetje, L. en J. Frame (1994). Grassland and society : proceedings of the 15th general meeting of the European Grassland Federation, June 6 - 9, 1994. Wageningen, Wageningen Pers.

Van De Ven, T. A. J. (2011). Eiherkenning voor het autonoom verzamelen van grondeieren. Bachelor Thesis Farm Technology Wageningen UR, Wageningen

Van Laar, T. (2011). Improved modeling of ammonia emissions from dairy cow houses. Master Thesis Farm Technology Wageningen UR, Wageningen

Weidong, L., F. Baret, G. Xingfa, T. Qingxi, Z. Lanfen en Z. Bing (2002). "Relating soil surface moisture to reflectance." Remote Sensing of Environment **81**(2-3): 238-246.

Whalley, W. R., P. B. Leeds-Harrison en G. E. Bowman (1991). "Estimation of soil moisture status using near infrared reflectance." Hydrological Processes **5**(3): 321-327.

Appendices

1. **Uitwerkingen interview dhr. Aarnink**

Voor dit onderzoek heb ik dr. Ir. A.J.A. (André) Aarnink (onderzoeker Livestock Research Wageningen UR) geïnterviewd over het werk wat voor zijn proefschrift (Aarnink, 1997) en diverse artikelen (Aarnink *et al.*, 1996) is gedaan. Dit interview ging er vooral om beter te begrijpen hoe dingen in het verleden zijn onderzocht, maar ook wat de afwegingen achter bepaalde methoden zijn geweest en wat potentiële aanknopingspunten voor mijn onderzoek zouden kunnen zijn.

Mijn voornaamste vraag over de gebruikte methoden ging over het meten van de natte oppervlakte op de vloer, in zijn proefschrift worden deze waarden toegepast in een statistisch model om de ammoniakemissie uit een varkensstal te bepalen. In bovengenoemd artikel wordt kort beschreven hoe dit wordt gemeten, dhr. Aarnink heeft uitgelegd dat er een raster op de vloer was aangebracht en dat ditzelfde raster was aangebracht op schetspapier. Getrainde waarnemers namen vervolgens de oppervlakte over op het schetspapier, aan de hand van deze schets werd de oppervlakte bepaald. Dit hoefde slechts enkele keren per week te gebeuren aangezien dit weinig varieert.

Dhr. Aarnink gaf aan dat hij vooral heil zag in de methode met warmtedetectie, dit vanwege het verschil in temperatuur tussen verse urine en de stalvloer. Vooral onder condities op een proefopstelling zou deze methode betrekkelijk makkelijk toegepast moeten kunnen worden.

2. Communicatie met dhr. Braam

In een email heb ik Dr.ir.drs. C.R. (René) Braam (op dit moment assistent professor Gebouwen en Civieltechnische Constructies op de TU Delft, voormalig Senior Researcher Structural Building Wageningen UR) gevraagd om uitleg van de methoden welke zijn gebruikt voor Ammoniakemissie-arme Betonnen Stalvloeren (Braam en Hoorn, 1996). Ook heb ik hem gevraagd of hij misschien meer weet over de ongepubliceerde resultaten van Ketelaars. Verder heb ik dhr. Braam gevraagd naar mogelijke input/tips over het overlappen van plassen en het meten op een proefopstelling.

Op de vraag over hoe de meetmethode werkt antwoordde dhr. Braam dat hij niet meer op de hoogte is van de details. Hij meende zich te herinneren dat er een raster met vakjes $10 * 10$ cm is gebruikt om de plasgrootte te bepalen. Dit onderzoek heeft plaatsgevonden op de proefboerderij te Duiven. Het daar aanwezige videosysteem is niet gebruikt voor het onderzoek naar plasgrootte en - dikte.

Hij meende niet gerekend te hebben met overlappende plassen, hiervoor verwijst hij mij eventueel door naar Monteny. Verder raadde hij aan een op basis van plasgrootte en het aantal m^2 per dier via een random generator de plaslocaties te genereren en vervolgens hieruit de overlap te bepalen. Op basis van deze data en hoe lang de vorige plas al aanwezig was kan dan de ammoniakemissie worden bepaald.

Er is ook contact geweest met dhr. Monteny, deze gaf aan niet betrokken te zijn geweest bij praktijkmetingen naar plasgrootte.