

# Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 163

## Castratie van biggen met CO<sub>2</sub> /O<sub>2</sub>-verdoving

M. Kluivers-Poodt, M.A. Gerritzen, V. Hindle, M. Smolders  
en N. Kuijken

September 2008



ANIMAL SCIENCES GROUP  
WAGENINGEN UR

## Colofon

### Uitgever

Animal Sciences Group van Wageningen UR

Postbus 65, 8200 AB Lelystad

Telefoon 0320 - 238238

Fax 0320 - 238050

E-mail [Info.veehouderij.ASG@wur.nl](mailto:Info.veehouderij.ASG@wur.nl)

Internet <http://www.asg.wur.nl>

### Redactie

Communication Services

### Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

### Liability

Animal Sciences Group does not accept any liability for damages, if any, arising from the use of the results of this study or the application of the recommendations.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstrept ons kwaliteitsniveau.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

### Abstract:

In this study the safety was investigated of the use of carbon dioxide anaesthesia during castration of piglets. In addition, the technical and practical criteria were determined for anaesthetic devices that can be used by a farmer.

### Keywords:

Castration, piglet, CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>, carbon dioxide, anaesthesia

### Referaat

ISSN 1570 - 8616

### Auteur:

Marion Kluivers-Poodt, M.A. Gerritzen, V. Hindle, M. Smolders en N. Kuijken

### Titel:

Castratie van biggen met CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-verdooving  
Rapport 163

### Samenvatting:

Algehele verdooving van biggen voor castratie is mogelijk met een mengsel van 70% CO<sub>2</sub> en 30% zuurstof. Biggen kunnen hieraan maximaal twee minuten blootgesteld worden. Om deze verdooving op een varkensbedrijf te kunnen toepassen zijn twee verdoovingsapparaten ontwikkeld die aan benodigde technische, praktische en veiligheidseisen voldoen.

### Trefwoorden:

Castratie, biggen, verdooving, CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>, kooldioxide, verdoovingsapparaat



Rapport 163

Castratie van biggen met CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-verdoving

Castration of piglets using CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-anaesthesia

M. Kluivers-Poodt

September 2008



## Samenvatting

In 2007 heeft de Animal Sciences Group een pilotonderzoek naar de mogelijkheden van gasverdooving met CO<sub>2</sub> bij de castratie van biggen uitgevoerd. CO<sub>2</sub> is een inhalatie-anaestheticum (gasverdoovingsmiddel). Inhalatie-anaesthetica zijn stoffen die bij kamertemperatuur goed verdampen en daarom via de luchtwegen kunnen worden toegediend. Ze veroorzaken een onderdrukking van het centrale zenuwstelsel met als gevolg bewusteloosheid en spierverslapping. Overdosering van inhalatie-anaesthetica leidt echter tot verlamming van de ademhalingsspieren, waarna de dood door verstikking volgt. Het resultaat van het onderzoek in 2007 was dat met een mengsel van 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub> de castratie van biggen onder volledig bewustzijnsverlies en onder volledige pijnstilling plaats kan vinden. Gezien deze perspectieven is besloten tot een vervolgonderzoek met de volgende doelstelling:

- Bepalen van de veiligheidsmarges en werkwijze om te komen tot een veilige toediening van CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> voor mens en dier (veiligheidsexperiment)
- Deze resultaten vertalen naar een praktisch gasverdoovingsapparaat, dat op een varkensbedrijf gebruikt kan worden en daarbij eenvoudig en veilig in gebruik is (ontwikkeling verdoovingsapparaat)

### Veiligheidsexperiment

In het veiligheidsexperiment is op een conventioneel vermeerderingsbedrijf vastgesteld of biggen veilig verdoofd kunnen worden met een mengsel van 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub>. Tijdens een in 2007 uitgevoerd pilotonderzoek naar de mogelijkheden van CO<sub>2</sub>-gasverdooving bij jonge biggen, bleek dat de blootstellingstijd die veilig doorstaan kan worden, beperkt is. In dat onderzoek viel bij een blootstelling van twee minuten na verlies van bewustzijn, een totale verblijfsduur van ongeveer twee en een halve minuut, een van de vier biggen uit.

In het hier beschreven onderzoek worden twee groepen conventionele biggen gebruikt, van drie tot acht dagen leeftijd. Om de biggen tijdens het induceren van de verdooving te kunnen observeren, wordt gebruik gemaakt van een experimentele opstelling waarbij de biggen in een box worden geplaatst.

Negentwintig biggen zijn individueel gedurende anderhalve minuut blootgesteld aan het gas. Dertig biggen zijn gedurende twee minuten blootgesteld. Aansluitend aan de verdooving zijn de dieren (buiten de box) gecastreerd. Om de veiligheid van de anaesthesie te beoordelen is bijgehouden of biggen tijdens of in de dagen na castratie uitvielen. Om de diepte van de anaesthesie te controleren is vastgesteld of de dieren tijdens de castratie afweerbewegingen of vocalisaties vertoonden.

Vrijwel alle biggen raakten goed verdoofd met het gasmengsel. In de groep die twee minuten in het gas verbleef waren er vier biggen die tijdens castratie afweerbewegingen en kreunen vertoonden. In drie van die gevallen is het aannemelijk dat het reageren tijdens de castratie veroorzaakt is door een te lange tijd (ongeveer een minuut) tussen het uit de box halen en het daadwerkelijke castreren. Het vierde geval kan verklaard worden door een te lage CO<sub>2</sub>-concentratie in de box. In de groep die anderhalve minuut in het gas verbleef lieten twee biggen tijdens de castratie afweerbewegingen en kreunen zien. Voor deze twee gevallen is geen duidelijke oorzaak te achterhalen. Alleen in de groep die gedurende twee minuten is blootgesteld aan het gasmengsel viel een big tijdens de recoveryfase uit, dit gebeurde enkele minuten na castratie. Door middel van sectie is vastgesteld dat de oorzaak van deze uitval een bloeding als gevolg van de castratie was, en niet direct aan de verdooving kan worden toegeschreven. In de dagen na de castratie zijn er geen biggen uitgevallen.

### Ontwikkeling verdoovingsapparaat

In een parallel lopend traject is een aantal Nederlandse bedrijven gevraagd een gasverdoovingsapparaat te ontwikkelen dat door veehouders op hun bedrijf gebruikt kan worden tijdens de castratie van biggen. Twee bedrijven hebben aan dit traject deelgenomen. Een van de bedrijven heeft eveneens een studeeropdracht bij de TU Delft in gang gezet.

Aan de hand van de uitkomsten van de in 2007 en 2008 uitgevoerde onderzoeken, zijn door de Animal Sciences Group technische en veiligheidseisen opgesteld waaraan een gasverdoovingsapparaat moet voldoen. In hoofdzaak gaat het hier om een vaste inductietijd die garandeert dat de biggen goed verdoofd zijn, en een beveiliging waardoor de biggen nooit langer dan twee minuten aan het gasmengsel blootgesteld kunnen worden. De tijd die nodig is om anaesthesie te induceren is 45 seconden. Als de biggen het gas in blijven ademen kan direct aansluitend aan die 45 seconden begonnen worden met castreren. Als de biggen voor de castratie uit het gas gehaald worden, moet voor een voldoende anaesthesiediepte en –lengte nog een aanvullende 30 seconden gas toegediend worden. In het laatste geval verblijft de big dus 75 seconden in het gas, wordt er vervolgens uitgehaald en gecastreerd. Essentieel hierbij is dat de biggen direct aansluitend gecastreerd worden; zodra verse lucht ingeademd wordt, begint het uitwassen van CO<sub>2</sub> en neemt de anaesthesiediepte af. Vanwege de beperkte marge ten aanzien van de blootstellingstijd is in de apparaten een beveiliging ingebouwd die ervoor zorgt dat de biggen nooit langer dan twee minuten het gasmengsel inademen.

Naast de technische eisen vanuit de onderzoekskant zijn vanuit de sector praktische eisen aangereikt die het mogelijk moeten maken een dergelijk apparaat in de bedrijfsvoering in te passen. Daarbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan een apparaat dat goed door de gangpaden past, goed reinigbaar en praktisch in gebruik is. Als derde categorie zijn eisen vanuit arbotechnisch oogpunt in het totale pakket van eisen opgenomen. Varkenshouder moeten bijvoorbeeld de werkhogte aan kunnen passen en tijdens de castratie niet blootgesteld worden aan te hoge CO<sub>2</sub>-concentraties.

De twee ontwikkelde prototypes zijn in mei getest op Praktijkcentrum Sterksel. Hierbij is gekeken naar de hoogte en stabiliteit van de CO<sub>2</sub>-concentratie bij de neus van de big. Eveneens is de praktische bruikbaarheid beoordeeld. Aan de hand van deze bevindingen zijn de apparaten aangepast. Deze verbeterde prototypes zijn nogmaals op Praktijkcentrum Sterksel getest. Vervolgens zijn ze in juni getest op twee conventionele bedrijven en een biologisch bedrijf. Verdere verbeteringen, zoals de plaats van de castratie-unit zijn aan de hand van deze testen doorgevoerd. Na dit moment is het hier beschreven project afgerond. Om een nog betere indruk te krijgen van de duurzaamheid van de apparaten en een verdere verfijning ten aanzien van het gebruiksgemak te bewerkstelligen zijn door de fabrikanten aansluitend aan dit project in juli meerdere apparaten uitgezet op een aantal bedrijven om gedurende de zomer een uitgebreide testfase in te gaan.

### **Conclusie**

In het veiligheidsexperiment is gebleken dat de in het experiment gebruikte conventionele biggen, van drie tot acht dagen oud, gedurende twee minuten veilig konden worden blootgesteld aan een mengsel van 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub>. Tijdens de experimenten in een goed geventileerde ruimte is uit metingen van de CO<sub>2</sub>-concentratie in de omgeving van het verdovingsapparaat gebleken dat de concentratie voor de gebruiker onder de wettelijk toegestane norm blijft.

Uit het ontwikkelingstraject zijn twee verdovingsapparaten voortgekomen die voldoen aan de technische en praktische eisen die zijn opgesteld door de onderzoekers en de vertegenwoordigers van de sector. De verwachting is dat deze apparaten goed inpasbaar zijn in de bedrijfsvoering op een varkensvermeerderingsbedrijf.

## Summary

In 2007 the Animal Sciences Group of Wageningen UR has investigated the possibilities of using CO<sub>2</sub>-gasanaesthesia in the castration of young piglets. CO<sub>2</sub> is an inhalation anaesthetic. Inhalation anaesthetics are substances that are volatile at room temperature and therefore can be administered through the airways. These anaesthetics suppress the central nervous system leading to unconsciousness and muscle relaxation. Overdosing inhalation anaesthetics leads to paralysis of breathing musculature that in turn leads to death by suffocation. The result of the investigation was that using a mixture of 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub> leads to full unconsciousness and complete analgesia during castration. Considering these results it was decided that further research should be carried out with the following objective:

- Determining the safety margins and mode of operation to develop a safe administration of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> for man and animal (safety experiment)
- Transforming these results into an anaesthetising device that can be used at a pig farm and is simple and safe in use (development of an anaesthetising device)

### Safety experiment

In a safety experiment it was established whether piglets on a conventional pig farm, varying from three to eight days of age, could safely be anaesthetized with a mixture of 70% CO<sub>2</sub> and 30% O<sub>2</sub>. In a pilot study carried out in 2007 by the Animal Sciences Group, it appeared that the exposure time to this mixture is limited. In that study one out of four piglets died after being exposed for two minutes following the loss of consciousness (total exposure time around two-and-a-half minutes).

In the current study two groups of conventional piglets were used, varying from three to eight days of age. In order to observe the piglets during induction of anaesthesia, an experimental setup was used with piglets being placed in a box. Twenty-nine piglets were individually exposed for one-and-a-half minute. Thirty piglets were individually exposed during two minutes in total. Immediately after exposure piglets were castrated (outside the box). To assess the safety it was noted whether animals died during or in the days after castration. To check the depth of anaesthesia, defensive movements and vocalizations were recorded.

In general, piglets were well anaesthetized with the gas mixture. In the group that was exposed to the mixture for two minutes, four piglets showed defensive movements and moaning during castration. In three of the cases this reaction was most likely caused because of a time lapse (around one minute) between gas exposure and castration, in one case the CO<sub>2</sub>-concentration in the box appeared to be too low. In the group that was exposed for one-and-a-half minute two piglets showed a reaction to castration. These cases can not readily be explained. In the group that was exposed to the gas mixture for two minutes, one piglet died during recovery. Pathological examination revealed that the cause of death was an intra-abdominal bleeding due to the castration and appeared to have no relation with the CO<sub>2</sub>-exposure. No piglets died in the days after castration.

### Development of an anaesthetizing device

In this study several Dutch companies were asked to develop an anaesthetizing device that can be used by farmers during the castration of piglets. Two companies took part in the study. One of the companies also made this an assignment for students of the Technical University in Delft.

Based on the results of research carried out in 2007 and 2008, the Animal Sciences Group formulated the technical and safety criteria an anaesthetizing device would have to meet. Mainly, these comprise a fixed time for induction of anaesthesia of 45 seconds to guarantee that all piglets are anaesthetized, as well as a safety precaution that piglets can not be exposed to the gas mixture for longer than two minutes. The time needed for induction of anaesthesia is 45 seconds. If the piglets remain in the gas mixture, castration can be performed immediately after these 45 seconds. If the piglets are removed from the gas for castration, they should first be exposed to the gas mixture an additional 30 seconds. This total exposure time of 75 seconds is needed in order to ensure a sufficient depth and length of anaesthesia for castration to be carried out. It is essential that in this case piglets are castrated immediately after removal from the gas; when fresh air is inhaled, CO<sub>2</sub> will be washed out and the anaesthesia will wear off. Because of the limited safety margin of the gas exposure a safety measure is incorporated in the device to ensure that piglets are never exposed for more than two minutes.

Besides the technical demands, practical criteria were formulated by the Dutch pig farmers, in order to develop a device that can easily be integrated in Dutch husbandry practice. Some of these concerns are the size of the device, the cleaning ability and the practical use.

Finally, a set of criteria was described concerning labour circumstances for farmers. Devices should for example be adaptable to the height of the farmer and farmers should not be exposed to too high concentrations of carbon dioxide during castration.

The devices that have been developed were first tested (in May) at the experimental pig farm of the Animal Sciences Group at Sterksel. Assessments were made of the concentration and stability of the CO<sub>2</sub>-concentration

in the devices. Also, the practicability was assessed. Based on these tests, several improvements were made, for example an adjustment of the location of the fixating device. The improved devices were then tested in June at three Dutch pig farms, two conventional and one organic farm. Based on these tests further improvements were made, until the devices met all criteria. At this stage, this project was finished. However, the producers took the initiative to test their device for a longer period of time at several pig farms during the summer period. This way the durability could better be assessed and the last details could be adjusted to make the devices even more practical.

### **Conclusion**

The results of the safety experiment showed that the conventional piglets used in the experiments, varying from three to eight days of age, could safely be exposed to a mixture of 70% CO<sub>2</sub> and 30% O<sub>2</sub> for two minutes. During the experiments in a well ventilated room (i.e. farrowing unit), measurements of the CO<sub>2</sub>-concentration in the vicinity of the user were not above legal limits. In this project, two anaesthetizing devices have been developed that meet the technical and practical criteria formulated by researchers and pig farmers. The expectation is that these devices can be integrated effectively into Dutch husbandry practice.



# Inhoudsopgave

## Samenvatting

## Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Veiligheid van CO<sub>2</sub>-gasverdoxing</b> .....	<b>3</b>
2.1	Inleiding .....	3
2.2	Materiaal en methoden .....	3
2.3	Resultaten .....	4
2.4	Conclusie .....	7
<b>3</b>	<b>Ontwikkeling van prototypes</b> .....	<b>8</b>
3.1	Beschikbare apparaten in het buitenland.....	8
3.2	Ontwikkeling en testen van prototypes in Nederland .....	8
3.2.1	Eerste prototypes .....	8
3.2.2	Testen op Praktijkcentrum Sterksel .....	9
3.2.3	Testen op praktijkbedrijven .....	9
3.3	Pakket van eisen voor een gasverdoxingapparaat.....	10
3.3.1	Technische eisen .....	10
3.3.2	Praktische eisen .....	10
3.3.3	Arbotechnische eisen .....	10
3.4	Beschrijving van de ontwikkelde verdoxingapparaten .....	11
3.4.1	Verdoxingapparaat van de Noord-Amsterdamse Machinefabriek .....	11
3.4.2	Verdoxingapparaat van Schippers .....	12
3.4.3	Verdoxingapparaat van de TU Delft .....	13
	<b>Conclusie</b> .....	<b>14</b>
	<b>Aanbevelingen</b> .....	<b>15</b>
	<b>Literatuur</b> .....	<b>16</b>



## 1 Inleiding

Castratie van mannelijke biggen geschiedt in het merendeel van de varkensproducerende Europese landen op jonge leeftijd. De hoofdreden om te castreren is het voorkomen dat vlees een berengeur krijgt. Berengeur is een reuk- en smaakafwijking van het vlees, die veroorzaakt wordt door de aanwezigheid van vooral androstenon en skatol (Claus, 1979). Behalve berengeur voorkomt castratie ook het ontstaan van agressief gedrag en moeilijkheden bij de omgang met de dieren (Carroll et al., 2006). Ondanks intensief onderzoek, is chirurgische castratie op dit moment nog steeds de meest effectieve en betrouwbare methode om berengeur te voorkomen. Volgens EU Commission Directive 2001/93/EC mogen biggen in de eerste zeven levensdagen zonder enige vorm van verdoving of pijnstilling gecastreerd worden, daarna zijn verdoving, toegediend door een dierenarts, en langdurige pijnstilling verplicht. Een aanvullende EU-regel, die vanaf 2003 in nationale regelgeving opgenomen moet zijn, is dat de zaadstreng anders dan door verscheuring doorgehaald moet worden (EU Council Directive 2001/88/EC).

Castratie veroorzaakt pijn. Deze pijn is niet beperkt tot het moment van castratie, maar is ook aanwezig in de dagen daarna (Henke and Ehrhardt, 2004; Taylor et al., 2001; Hay et al., 2003). De pijn van castratie wordt veroorzaakt door het insnijden van de huid, het manipuleren van de testikels en zaadstrengen en het doorhalen van de zaadstrengen. Het manipuleren en doorsnijden van de zaadstreng blijkt de meeste pijn te veroorzaken (White et al., 1995; Taylor and Weary, 2000).

De mogelijkheden voor het gebruik van verdoving zijn beperkt. Een verdoving moet kort werken, liefst een pijnstillende nawerking hebben en snel en veilig kunnen worden toegepast. Verdoving kan lokaal of algeheel zijn en er zijn meerdere manieren van toediening. De op dit moment meest gebruikte verdoving bij castratie van biggen bestaat uit een injectie met lidocaine in de testikels, vaak gecombineerd met een onderhuidse verdoving van de balzak.

Voor algehele verdoving van varkens via een injectie is een combinatie van azaperon en ketamine beschikbaar. Maar er is een aantal nadelen verbonden aan deze methode. Na toediening in de nekspier duurt het geruime tijd voor de verdoving voldoende is ingewerkt. Injectie in het bloed geeft een snelle verdoving, maar is bij zeer jonge biggen niet eenvoudig uit te voeren. De mate van bewustzijnsverlaging en pijnstilling is veel geringer dan bij een narcose. Dit blijkt ook uit het feit dat de dieren tijdens de castratie nog steeds afweerbewegingen maken, zij het minder dan bij een onverdoofde castratie (Lahrmann et al., 2004; Kmiec, 2005). Algehele verdoving via inhalatie (gasverdoving) werkt snel, zorgt voor een goede spierontspanning en volledig bewustzijnsverlies. Een nadeel is echter dat veel gassen alleen gebruikt mogen worden onder nauwkeurig gecontroleerde omstandigheden, vanwege gevaar voor de gezondheid van de toediener. Gasverdovingsmiddelen zijn in het algemeen ook duur. Een uitzondering vormt CO<sub>2</sub>, dat relatief goedkoop is en onderhevig aan minder strenge arboregeling. CO<sub>2</sub> geeft een snelle inductie van anaesthesie, een volledige analgesie (pijnstilling) bij een kortdurende ingreep en een snel herstel (Lauer et al., 1994; Körtel, 1996; Kohler et al., 1998; Steenblock, 2002). Als ongewenste bijeffecten van deze anaesthesiemethode werden hyperventilatie en agitatie tijdens de inductie, en naar adem snakken tijdens de castratie genoemd. Gerritzen et al. (in press) rapporteren zwaar ademen tijdens de inductiefase en enkele convulsies (spierkrampen) tijdens de anaesthetische fase. De convulsies traden pas na het verlies van bewustzijn op.

In een in 2007 door de Animal Sciences Group, in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, uitgevoerd onderzoek werden de effecten van lokale verdoving met lidocaine uitgebreid onderzocht (Kluivers-Poodt et al., 2007). Bij de met lidocaine verdoofde biggen was sprake van minder pijn dan bij de onverdoofd gecastreerde biggen, echter niet alle pijn werd met deze methode weggenomen. In hetzelfde project is een verkennend onderzoek naar de mogelijkheden en effecten van algehele verdoving met CO<sub>2</sub> uitgevoerd. Destijds is de keuze voor CO<sub>2</sub> gemaakt omdat dit gas vergeleken met alternatieven als bv. isofluraan en halothaan, aan minder strenge regelgeving onderhevig is en minder schadelijk is voor de gezondheid van de gebruiker. In het onderzoek bleek dat een mengsel van 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub> na gemiddeld 33 seconden leidt tot volledig bewustzijnsverlies. Als de biggen na het verlies van bewustzijn nog 30 seconden in het mengsel blijven, eruit gehaald en aansluitend gecastreerd worden, is de narcose diep genoeg om volledige pijnstilling te garanderen. Ongeveer een minuut na het uit de narcosebox halen, zijn de biggen weer hersteld. Deze bevindingen zijn vastgesteld aan de hand van hersenfilmpjes (EEG), hartfilmpjes (ECG) en gedragsobservaties (Gerritzen et al., Accepted).

In een kleinschalig veiligheidsexperiment is echter gebleken, dat de biggen slechts een beperkte tijd blootstelling aan CO<sub>2</sub> kunnen doorstaan. Bij een blootstelling van drie minuten viel één van de vier biggen uit. Om deze verdovingsmethode in de praktijk toe te kunnen passen moet duidelijk zijn dat de blootstellingstijd die nodig is om biggen te verdoven en te castreren geen gevaar voor de big oplevert. Daarnaast moet er een apparaat beschikbaar zijn, waarmee varkenshouders de verdoving eenvoudig en veilig toe kunnen dienen.

De doelstelling van het project was dus tweeledig:

1. Bepalen van de veiligheidsmarges en werkwijze om te komen tot een veilige toediening van CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> voor mens en dier (veiligheidsexperiment)
2. Deze resultaten vertalen naar een praktisch gasverdovingsapparaat, dat op een varkensbedrijf gebruikt kan worden en daarbij eenvoudig en veilig in gebruik is (ontwikkeling apparaat)

De uitkomsten van het project worden in dit rapport beschreven. Het project is gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en het Productschap Vee en Vlees.

## 2 Veiligheid van CO<sub>2</sub>-gasverdooving

Inhalatie-anaesthetica (gasverdovingsmiddelen) zijn stoffen die bij kamertemperatuur goed verdampen en daarom via de luchtwegen kunnen worden toegediend. Ze veroorzaken een onderdrukking van het centrale zenuwstelsel met als gevolg bewusteloosheid en spierverslapping. Overdosering van inhalatie-anaesthetica leidt tot verlamming van de ademhalingsspieren, waarna de dood door verstikking volgt. Vaak is er bij inductie van de anaesthetie sprake van een excitatiefase, die gekenmerkt wordt door verhoogde activiteit en ongecontroleerde spierbewegingen. De anaesthetica halothaan en methoxyfluraan veroorzaken weinig excitatie en worden dan ook veel gebruikt bij operaties. Ze zijn echter gevaarlijk bij langdurige inademing (veroorzaken dan levercirrhose), en mogen alleen gebruikt worden in geconditioneerde ruimten (Van Zutphen, 1991). CO<sub>2</sub> heeft in een lage dosering (ca. 20%) bij verschillende diersoorten een narcotische werking (Danneman PJ et al., 1997; Gerritzen et al., 2006). Vaak wordt CO<sub>2</sub> gebruikt in combinatie met andere gassen, waardoor er potentiering (versterking) en/of vermindering van excitatie (opwinding) optreedt. Een van de gassen waarmee CO<sub>2</sub> gecombineerd kan worden om de excitatie te verminderen is O<sub>2</sub> (Coenen et al., 1995; McKeegan et al., 2005).

CO<sub>2</sub> is een gas dat ook gebruikt wordt bij het bedwelmen van dieren voor de slacht. Momenteel wordt voor het bedwelmen van vleeskuikens en kalkoenen voor het slachten een gasmengsel van 40% CO<sub>2</sub> + 30% O<sub>2</sub> + 30% N<sub>2</sub> gebruikt. Na 2 minuten worden de dieren in een 70% CO<sub>2</sub> omgeving gebracht om ze te doden (Hoen and Lankhaar, 1999). Bij slachtvarkens worden alleen hoge concentraties (> 80% CO<sub>2</sub>) gebruikt, met als nadeel een ernstige excitatie tijdens het onder narcose gaan (Martoft et al., 2002). Een mengsel van CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> is experimenteel gebruikt voor het verdoven van biggen tijdens de castratie (Lauer et al., 1994; Körtel, 1996; Kohler et al., 1998; Steenblock, 2002; Svendsen, 2006). Bij een verhouding van 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub> bleek een blootstelling van 4 minuten te lang voor een van de vier biggen (Svendsen, 2006). Om een verdovingsmethode in de praktijk te kunnen gebruiken zal aangetoond moeten zijn dat de methode veilig is. Om een gasmengsel van CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> in de praktijk te kunnen gaan gebruiken, zal daarom vastgesteld moeten worden of de blootstellingstijd die nodig is voor inductie van verdooving en aansluitend castratie, voldoende veilig is voor de big.

### 2.1 Inleiding

Zoals gebleken is uit een in 2007 door de Animal Sciences Group uitgevoerd onderzoek (Kluyvers-Poodt et al., 2007), geeft verdooving van biggen met 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub> een kwalitatief goede anaesthetie, waarbij sprake is van volledige bewusteloosheid en pijnstilling. Met gebruik van dit mengsel is er gemiddeld 33 seconden nodig om een volledige narcose te bewerkstelligen. Om te garanderen dat vrijwel alle dieren voldoende verdoofd raken, moet daar tweemaal de standaarddeviatie (een maat voor de variatie in inductietijd) bij opgeteld worden en is de tijd die nodig is om verdooving te induceren 45 seconden. Als de dieren het gasmengsel blijven inademen, kan na deze 45 seconden durende inductiefase begonnen worden met castreren. Als de dieren uit het gas worden gehaald om gecastreerd te worden, is er na deze 45 seconden inductietijd nog eens 30 seconden (dus in totaal 75 seconden) blootstelling aan gas nodig om een voldoende lange en diepe verdooving te geven. Om vast te stellen of er in geval van een vertraging door bijvoorbeeld een complicatie tijdens de castratie of afleiding van de castreur, biggen een beperkte extra tijd blootgesteld kunnen worden aan het gas, is gekozen voor het bepalen van de veiligheid van een iets langere toedieningstijd van maximaal twee minuten.

### 2.2 Materiaal en methoden

Het onderzoeksprotocol is goedgekeurd door de Dier Experimenten Commissie in Lelystad.

Voor het vaststellen van de veiligheid van een gasmengsel van 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub> is dezelfde experimentele narcosebox gebruikt als tijdens het verkennende onderzoek dat in 2007 is uitgevoerd (zie figuur 1, Kluyvers-Poodt et al., 2007). Anders dan in die experimenten werd voor deze testen gebruikt gemaakt van een in de fabriek voorgeslacht gasmengsel met de aangegeven 70/30-verhouding. Voor het experiment zijn conventionele biggen (Topigs, Nederland) van drie tot acht dagen oud gebruikt. In Nederland is het wettelijk voorgeschreven dat biggen slechts tot een leeftijd van zeven dagen onverdoofd gecastreerd mogen worden, daarna is verdooving en langdurige pijnstilling aangewezen. Door logistieke omstandigheden was het niet mogelijk de leeftijd te beperken tot maximaal zeven dagen, echter alle biggen ontvingen naast gasverdooving na het experiment (voor terugkeer naar de zeug) een langwerkende pijnstillertje (meloxicam).

Negentwintig biggen zijn een voor een gedurende anderhalve minuut aan het gasmengsel blootgesteld. Na deze tijd zijn ze uit de box gehaald en aansluitend gecastreerd. Voor de recovery zijn de biggen in een plastic bak met zaagsel gelegd. Dertig biggen zijn gedurende twee minuten aan het gasmengsel blootgesteld en eveneens aansluitend gecastreerd. Vastgesteld is of de biggen direct aansluitend aan de castratie in leven bleven, eveneens is bijgehouden of tijdens de dagen na de castratie sprake was van uitval van deze biggen.

Aanvullend werd tijdens de castratie op basis van afweerbewegingen (bewegen van de poten of uiten van vocalisaties) vastgesteld of de biggen goed verdoofd waren en bleven.

**Figuur 1** Experimentele opstelling



### 2.3 Resultaten

Analoog aan de bevindingen in eerdere experimenten, raakten vrijwel alle biggen in dit experiment goed verdoofd door het gasmengsel van 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub>. In de behandelingsgroep waarbij 29 biggen gedurende anderhalve minuut aan het gasmengsel zijn blootgesteld werden bij twee van de biggen pootbewegingen en kreunen waargenomen, zonder dat daar een duidelijke achterliggende oorzaak voor vastgesteld kon worden (zie tabel 1). Een van de biggen liet iets braken zien tijdens de recoveryfase. Van de biggen in deze groep is er geen uitgevallen. In de groep die gedurende twee minuten aan het mengsel is blootgesteld, werden bij vier van de 30 biggen pootbewegingen en kreunen waargenomen, een indicatie dat de verdoving tijdens de castratie niet diep genoeg (meer) was (zie tabel 2). Bij drie van deze vier biggen is het aannemelijk dat dit veroorzaakt is door een te lange tijd tussen het uit de box halen en de daadwerkelijke castratie. De castreurs van de eerste zes testbiggen waren studenten die in het kader van hun studie een castratie mochten uitvoeren. Door de onervarenheid met castreren was de tijd tussen uit de box halen en het castreren langer dan gebruikelijk en werd er ook meer met zaadstrengen en testikels gemanipuleerd dan gebruikelijk bij een ervaren castreur. Deze bevindingen illustreren het belang van een deskundige en vlotte castratie, direct aansluitend aan de blootstelling van de big aan het gasmengsel. Een te lange wachttijd of een te lang durende castratie leidt tot het uitwassen van CO<sub>2</sub> en dientengevolge het afnemen van de verdoving voordat de castratie afgerond is. Dit leidt weer tot het ervaren van pijn door de big tijdens de castratie. De vierde big die pootbewegingen en kreunen vertoonde tijdens de castratie bleek blootgesteld aan een te lage CO<sub>2</sub>-concentratie, mogelijk door een te lang open staan van de narcosebox tijdens het wisselen van biggen. In dezelfde behandelingsgroep van twee minuten viel de big met volgnummer 13 uit tijdens de recovery fase. De big leek bij te komen, maar haalde het uiteindelijk niet. Om uitsluitsel te krijgen over de doodsoorzaak en vanwege een duidelijk waarneembare bleekheid, is dit dier ingestuurd voor sectie bij de Afdeling Pathologie van de Faculteit Diergeneeskunde in Utrecht.

Uit het sectierapport bleek dat er sprake was van een ruime hoeveelheid bloed in de buikholte, en dat de waarschijnlijke doodsoorzaak verbloeding tengevolge van de castratie was. De biggen uit beide behandelingsgroepen werden aansluitend aan het experiment teruggezet bij de zeug. In de dagen aansluitend aan de castratie is onder deze biggen geen uitval opgetreden.

**Tabel 1** Veiligheid en kwaliteit anaesthesie bij blootstellingsduur van anderhalve minuut

Volgnr.	Diernr.	% CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>	Tijd (min)	Leeftijd (dgn)	Afweerbewegingen	Opmerkingen
1	2369	70,4	24,2	1:30	3	Geen	
2	2478	69,7	24,1	1:31	3	Geen	
3	2361	68,7	24,0	1:31	3	Geen	
4	2862	67,5	23,8	1:32	3	Geen	
5	2382	66,1	23,7	1:30	3	Geen	
6	2500	64,5	23,5	1:30	3	Geen	
7	2305	72,4	24,4	1:31	3	Geen	
8	2433	71,7	24,2	1:30	3	Geen	
9	2366	70,7	24,1	1:31	3	Geen	
10	2324	69,9	23,9	1:31	3	Geen	
11	2464	66,4	22,3	1:30	8	Geen	
12	2373	73,8	22,8	1:32	6	Geen	
13	2411	70,1	22,8	1:31	6	Geen	
14	2477	71,7	22,6	1:31	6	Geen	
15	2232	69,6	22,5	1:30	6	Geen	
16	2249	68,5	22,3	1:31	6	Geen	
17	2440	68,8	22,5	1:32	6	Pootbewegingen en kreunen tijdens castratie	
18	2332	67,7	22,4	1:30	6	Geen	
19	2371	67,5	22,3	1:32	6	Geen	
20	2484	64,8	22,1	1:31	6	Geen	
21	2492	69,8	22,4	1:31	6	Geen	
22	2469	67,1	22,3	1:32	6	Geen	
23	2394	69,2	22,3	1:31	6	Geen	
24	2322	70,1	22,4	1:32	6	Geen	
25	2893	77,7	22,8	1:31	5	Geen	lets braken in recovery na castreren
26	5688	69,2	22,3	1:30	6	Geen	
27	2300	66,7	22	1:32	6	Geen	
28	2220	67	22,2	1:32	6	Pootbewegingen en kreunen tijdens castratie	
29	2202	72,9	22,7	1:31	6	Geen	

**Tabel 2** Veiligheid en kwaliteit anaesthesie bij blootstellingsduur van twee minuten

Volgnr.	Diernr.	% CO2	% O2	Tijd (min)	Leeftijd (dagen)	Afweerbewegingen	Opmerkingen
1	2374	73,7	25,7	2:02	5	Geen	
2	5642	74,1	25,1	1:58	5	Geen	
3	2412	72,5	24,7	1:56	5	Geen	
4	2735	70,1	24,3	1:57	5	Pootbewegingen en kreunen tijdens castratie	Castratieduur >1 minuut (bijkomen 0:56 min na uit box halen)
5	2956	68,7	24,0	1:58	5	Pootbewegingen en kreunen tijdens castratie	Castratieduur >1 minuut (bijkomen 0:50 min na uit box halen)
6	2275	70,5	24,4	1:56	5	Pootbewegingen en kreunen tijdens castratie	Castratieduur >1 minuut (bijkomen 0:28 min na uit box halen)
7	2392	69,7	24,5	1:57	5	Geen	
8	2368	65,2	23,8	1:58	5	Geen	
9	2457	69,2	24,2	1:59	5	Geen	
10	2451	68,5	23,9	1:59	4	Geen	
11	2463	69,4	24,2	2:00	4	Geen	
12	2224	72,5	24,4	1:59	4	Geen	
13	2330	69,4	24,1	1:58	4	Geen	Dood gegaan tijdens recovery
14	2480	67,4	23,8	1:59	4	Geen	
15	2384	72,0	24,4	1:58	4	Geen	
16	2725	74,2	24,6	1:58	4	Geen	
17	2355	74,3	24,4	2:00	4	Geen	
18	2378	72,5	24,2	1:58	4	Geen	
19	2488	69,5	24,0	2:05	4	Geen	
20	2481	71,8	23	2:02	8	Geen	
21	2271	71,4	23	2:02	8	Geen	
22	2406	69,7	22,9	1:58	8	Geen	
23	2203	68,5	22,6	1:58	8	Geen	
24	2262	65,7	22,4	1:59	8	Geen	
25	2363	66,2	22,4	2:00	8	Geen	
26	2976	72,8	22,5	2:01	5	Geen	
27	2436	67,5	22,2	2:01	6	Geen	
28	2218	67,4	22,2	2:02	6	Geen	
29	2489	73,8	22,5	2:00	6	Geen	
30	2310	35,2	22	2:01	6	Pootbewegingen en kreunen tijdens castratie	Lage CO2 concentratie in box



## 2.4 Conclusie

De conventionele biggen in het veiligheidsexperiment, variërend in leeftijd van drie tot acht dagen, konden veilig worden blootgesteld aan een mengsel van 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub>. De maximale verblijfsduur die getest is, is twee minuten. Belangrijk is dat de biggen tijdens of direct na de blootstelling aan het gasmengsel gecastreerd worden, om het niveau van bewusteloosheid en pijnstilling voldoende te laten zijn. Verklaring hiervoor is dat op het moment dat biggen niet meer blootgesteld worden aan CO<sub>2</sub>, en weer verse lucht in gaan ademen, het hoge CO<sub>2</sub>-gehalte dat de verdoving veroorzaakt uitgeademd wordt. De verdoving begint dan uit te werken. Als de verdoving aan het afnemen is, neemt ook het niveau van pijnstilling af en de pijn van de castratie zal dan niet meer volledig weggenomen worden.

### 3 Ontwikkeling van prototypes

Om het castreren van biggen onder toediening van gasverdoving op varkensbedrijven mogelijk te maken zal een apparaat beschikbaar dienen te zijn, dat een betrouwbaar, eenvoudig en veilig gebruik door varkenshouders mogelijk maakt. In een aantal landen zijn apparaten ontwikkeld die gasverdoving van biggen op bedrijven mogelijk maakt.

#### 3.1 Beschikbare apparaten in het buitenland

In Denemarken en Zwitserland zijn apparaten ontworpen voor toediening van gasverdoving aan biggen. Deze apparaten kunnen mogelijk op Nederlandse bedrijven gebruikt worden. Het Deense apparaat is ontwikkeld door Dr. Svendsen en geschikt voor toediening van een mengsel van CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub>. Het Zwitserse apparaat is ontwikkeld door het bedrijf Agrocomp en geschikt voor toediening van isofluraan. Toediening van isofluraan vereist een ander apparaat, omdat isofluraan een vloeistof is die eerst middels een verdampert in gasvorm gebracht moet worden. Dit leidt tot een aantal aanvullende (kostbare) aspecten van het apparaat die voor CO<sub>2</sub> niet nodig zijn. Een bezoek aan de Zwitserse producent van het isofluraan-verdovingsapparaat, leverde waardevolle informatie op. Een demonstratie liet zien dat toepassing van algehele gasverdoving reëel is en in te passen valt in de normale bedrijfsvoering. Het Zwitserse apparaat is echter kostbaar, niet alleen vanwege de voor isofluraan benodigde verdampert, maar ook door de roestvrijstalen uitvoering. Aangegeven wordt dat vanwege de vraag naar apparaten in Zwitserland geen exemplaar geleverd kan worden om in Nederland uitgetest te worden. Gezien de inmiddels goed op gang gekomen ontwikkelingen door de Nederlandse bedrijven werd besloten het voorlopig hierbij te laten.

Het Deense apparaat kon niet beoordeeld worden omdat de ontwikkelaar van het apparaat (Dr. Svendsen) overleden bleek en een opvolger niet vindbaar was. Het apparaat met patent was opgenomen in de nalatenschap van de onderzoeker die werd behartigd door een advocaat. Uit later contact met een van de betrokkenen bij het onderzoek van Dr. Svendsen bleek dat het apparaat nog niet praktijkrijp was bevonden. In het model waarbij biggen individueel in een kleine box worden geplaatst, bleek het moeilijk de CO<sub>2</sub>-concentratie op peil te houden. Duidelijkheid over eventuele verdere ontwikkeling kon niet gegeven worden. Eveneens vanwege de ontwikkelingen in Nederland werd besloten hier niet verder op te wachten.

#### 3.2 Ontwikkeling en testen van prototypes in Nederland

Contact met een drietal firma's in Nederland om interesse te polsen voor de ontwikkeling van een verdovingsapparaat leverde uiteindelijk twee geïnteresseerde bedrijven op; de Noord-Amsterdamse Machinefabriek bv (NAM) en Schippers Bladel bv (Schippers). Via de NAM is eveneens een studieopdracht weggezet bij de TU Delft, om via een traject van ongeveer vijf maanden ook tot een ontwerpverdovingsapparaat te komen. De bedrijven wilden meegaan in een ontwikkelingstraject waarin zij een gasverdovingsapparaat zouden ontwikkelen dat zou voldoen aan een pakket van eisen, bestaande uit drie onderdelen:

1. De technische eisen die door de onderzoekers van de Animal Sciences Group zijn opgesteld op basis van uitgevoerd onderzoek
2. De praktische eisen die zijn vastgesteld door vertegenwoordigers van de sector, medewerkers van Praktijkcentrum Sterksel en de eigenaren/medewerkers van drie praktijkbedrijven
3. De arbotechnische eisen die worden bepaald door de bestaande wet- en regelgeving

De ontwikkeling van de prototypes is opgedeeld in verschillende fasen:

1. Opleveren van een eerste prototype
2. Testen op hoogte en stabiliteit van CO<sub>2</sub>-concentratie in ontwerp (zonder gebruik van biggen)
3. Testen met biggen op niveau van verdoven en eerste praktische aspecten op Praktijkcentrum Sterksel
4. Testen op drie praktijkbedrijven

Tussen alle fasen, en indien nodig ook tijdens een fase, zijn de nodige aanpassingen aan de prototypes doorgevoerd.

##### 3.2.1 Eerste prototypes

De prototypes zijn allereerst 'droog' getest, zonder dat er biggen in het apparaat werden gedaan. Bij beide apparaten is sprake van een toediening bij de neus. Gebruik van een box werd door de bedrijven als te weinig praktisch beoordeeld en mede aan de hand van de bevindingen in Denemarken is gekozen voor een andere toedieningswijze.

In de eerste testen is in de prototypes de CO<sub>2</sub>-concentratie via een continue meting op hoogte en stabiliteit gecontroleerd. Eveneens is een eerste inschatting van de praktische aspecten van de apparaten gemaakt.

Aan de hand van de bevindingen zijn suggesties voor aanpassingen gedaan. De apparaten zijn vervolgens door de producenten aangepast en nogmaals getest zonder biggen. Met deze aangepaste versies is de volgende testfase opgestart.

### 3.2.2 Testen op Praktijkcentrum Sterksel

Tijdens een eerste praktijktest op Praktijkcentrum Sterksel zijn biggen in de twee beschikbare prototypes verdoofd en vervolgens gecastreerd. In deze fase is niet alleen de effectiviteit van de apparaten beoordeeld, maar ook de praktische bruikbaarheid en de veiligheid voor de gebruiker. Het bepalen van de effectiviteit werd gedaan door tijdens het verdoven een continue meting van de gasconcentratie bij de neus van de big uit te voeren. De praktische bruikbaarheid werd beoordeeld door degene die de castraties uitvoerde. De veiligheid voor de gebruiker is bepaald door tijdens het gebruik van de apparaten CO<sub>2</sub>-metingen uit te voeren in de omgeving van de gebruiker. Aan de hand van de bevindingen werden wederom suggesties voor verbetering richting de producenten aangedragen. Verbetering werden doorgevoerd, nogmaals getest en na goedbevinden werden de apparaten ingezet in de laatste fase van de ontwikkeling, de praktijktesten.

### 3.2.3 Testen op praktijkbedrijven

Tijdens de praktijktesten zijn beide prototypes op drie bedrijven getest, twee conventionele bedrijven en een biologisch bedrijf. Op elk van de drie bedrijven zijn beide apparaten getest om een eventueel effect van een verschillende werkwijze op de beoordeling uit te schakelen. Op elk bedrijf is gewerkt volgens een vaste volgorde:

1. uitleg van de apparaten en de methode (gasverdoving)
2. demonstratie van de apparaten
3. gebruik door varkenshouder/medewerker tijdens castratie, noteren van bevindingen door de onderzoekers
4. noteren van suggesties en conclusie over het apparaat

Voor het noteren van de bevindingen en suggesties is een standaardformulier gebruikt (zie figuur 2).

**Figuur 2** Invulformulier voor praktijktest

<b>Model</b>	
<b>Werkhoogte</b>	
<b>Aansluiting gas</b>	
<b>Montage apparaat op kar</b>	
<b>Demontage apparaat van kar</b>	
<b>Het castreren</b>	
<b>Bedrijfszekerheid</b>	
<b>Reiniging en desinfectie</b>	
<b>Extra onderdelen</b>	
<b>Suggesties</b>	

Aan het eind van het bezoek zijn eventuele overige opmerkingen genoteerd en is de varkenshouder gevraagd een eindconclusie over de apparaten te formuleren. Het invulformulier en de aanvullende opmerkingen/conclusie zijn na elk bedrijfsbezoek, na goedkeuring door de betreffende varkenshouder, teruggekoppeld naar de producent.

Indien mogelijk zijn kleine aanpassingen al tussen de bezoeken door gedaan, zodat gewerkt is met steeds verder verbeterde apparaten. Dit ontwikkelings- en testtraject heeft geresulteerd in een pakket van eisen waaraan een verdovingsapparaat moet voldoen.

### 3.3 Pakket van eisen voor een gasverdovingsapparaat

Een apparaat dat op varkensbedrijven gebruikt kan worden om biggen met een mengsel van CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> te verdoven, moet aan een aantal eisen voldoen. Deze eisen zijn van technische, praktische en arbotechnische aard.

#### 3.3.1 Technische eisen

De technische eisen zijn geformuleerd op basis van de experimenten die door de onderzoekers van de Animal Sciences Group in dit project en in het project van 2007 zijn uitgevoerd.

De technische voorwaarden waaraan een gasverdovingsapparaat moet voldoen zijn de volgende:

- De biggen moeten een gasmengsel van 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub> inademen, de CO<sub>2</sub>-concentratie mag maximaal 5% naar beneden afwijken
- Middels een (licht)signaal moet aangegeven worden wanneer een big gecastreerd kan worden. Dit moment wordt bepaald door de uitvoering van het gasverdovingsapparaat:
  - Een big die tijdens de castratie het gasmengsel blijft inademen kan vanaf 45 seconden na aanvang van de blootstelling in het apparaat gecastreerd worden
  - Een big die tijdens de castratie niet meer blootgesteld wordt aan het gasmengsel kan pas vanaf 75 seconden na aanvang van de blootstelling gecastreerd worden, om een voldoende lange en diepe verdoving te garanderen. De castratie moet bij deze handelwijze direct aansluitend aan het uit het apparaat halen uitgevoerd worden
- Middels een beveiliging moet gewaarborgd worden dat de maximale tijd die een big aan het gasmengsel wordt blootgesteld de twee minuten niet overschrijdt, na deze tijd moet de big verse lucht in kunnen ademen

#### 3.3.2 Praktische eisen

De praktische eisen zijn gedeeltelijk op voorhand geformuleerd door vertegenwoordigers van de sector en gedeeltelijk lopende het onderzoek aan de hand van de uitgevoerde (praktijk)testen.

De praktische voorwaarden waaraan een verdovingsapparaat moet voldoen zijn de volgende:

- Het verdovingsapparaat moet geschikt zijn voor biggen tot een week oud
- Het apparaat moet middels een aan/uit-knop ingeschakeld kunnen worden, zonder dat er aan allerlei knoppen gedraaid moet of zelfs kan worden
- Er moet een afleesmogelijkheid of bij voorkeur zelfs een melding zijn dat de gasfles (bijna) leeg is
- De gasflessen moeten eenvoudig en veilig te vervangen zijn
- Het apparaat moet op een behandelkar te monteren zijn en goed door de gangen van een bedrijf passen, wat inhoudt dat de breedte maximaal 80 cm mag zijn
- Het apparaat moet duurzaam zijn
- Het apparaat moet met een hogedrukspuit te reinigen zijn, onderdelen die eventueel los afgespoten moeten worden moeten er eenvoudig vanaf te halen zijn
- Het apparaat moet bestand zijn tegen de meest gebruikte desinfecteermiddelen
- Op de kar moet ruimte zijn voor de tijdens castratie en andere ingrepen gebruikte hulpmiddelen
- Onderdelen van het verdovingsapparaat (bv. gaslangen) moeten beschermd zijn tegen doorbijten door zeugen en biggen en het blijven haken achter bv. deurposten
- De plaats van de biggenhouders moet flexibel zijn
- Er moet een flexibel aantal units naast elkaar op een kar te monteren zijn, zodat met meerdere biggen en/of personen tegelijk gewerkt kan worden

#### 3.3.3 Arbotechnische eisen

Als laatste zijn er arbotechnische eisen, die bepaald worden door de beschikbare wet- en regelgeving.

De arbotechnische voorwaarden waaraan een verdovingsapparaat moet voldoen zijn de volgende:

- Het verdovingsapparaat moet op verschillende hoogtes ingesteld kunnen worden, vooral als castratie in een beugel plaatsvindt
- De kar moet makkelijk te manoeuvreren zijn
- Werken met het apparaat moet veilig zijn, de gebruiker mag niet blootgesteld worden aan te hoge CO<sub>2</sub>-gehalten tijdens het gebruik van het verdovingsapparaat

### 3.4 Beschrijving van de ontwikkelde verdoovingsapparaten

Het ontwikkelingstraject binnen dit project heeft geleid tot het ontstaan van twee verdoovingsapparaten en een ontwerptekening van een derde. De twee apparaten zijn ontwikkeld door de bedrijven NAM en Schippers, de ontwerptekening is gemaakt door de studenten van de TU Delft. De apparaten hebben een aantal overeenkomsten, maar ook een aantal verschillen. Een van de overeenkomsten is dat ze het principe van gastoediening in een houder hanteren, en niet in een box. Het gebruik van een box leverde een aantal praktische bezwaren op, onder andere een hoger gasverbruik en het moeilijk stabiel kunnen houden van de gasconcentratie in de box. Daarom is de keuze voor een systeem zoals het Zwitserse gemaakt, met toediening via een soort masker. Een verschil zit hem in de methode van castreren die bij het apparaat gehanteerd wordt. Bij het model van Schippers wordt de big in de houder verdoofd en kan daarin ook gecastreerd worden. In het model van de NAM en de TU Delft wordt de big in het apparaat verdoofd en vervolgens uit het apparaat gehaald voor de castratie. Alle apparaten zijn op een in de varkenshouderij gangbare behandelwagen gemonteerd, waardoor aan een aantal praktische eisen (bv. maximale afmetingen) al voldaan wordt.

#### 3.4.1 Verdoovingsapparaat van de Noord-Amsterdamse Machinefabriek

In het apparaat dat door de NAM ontwikkeld is (zie figuur 3), worden twee biggen elk in een kegel geplaatst om verdoofd te worden. De kegels worden in hun geheel naar beneden gedrukt waardoor de toevoer van het gasmengsel, bij de neus van de big, geactiveerd wordt. Middels een groen lichtsignaal wordt aangegeven wanneer 75 seconden verstreken zijn. Op dat moment kan de eerste big uit de houder gehaald en gecastreerd worden. Aansluitend kan de tweede big uit de houder gehaald en gecastreerd worden. Na maximaal twee minuten komen beide houders omhoog en stopt de gastoevoer. Mocht er door een vertraging in de werkzaamheden nog een big in de houder zitten, dan is dit het moment waarop deze weer verse lucht in kan ademen. Deze beveiliging zorgt ervoor dat biggen niet langer dan de maximale tijd van twee minuten aan het gasmengsel blootgesteld kunnen worden.

**Figuur 3** Verdoovingsapparaat ontwikkeld door de Noord-Amsterdamse Machinefabriek BV



### 3.4.2 *Verdovingsapparaat van Schippers*

In het apparaat dat door Schippers ontwikkeld is, wordt de big in een castratiehouder geplaatst. Middels een druk op de knop wordt de gastoevoer bij de snuit van de big geactiveerd. Na 45 seconden geeft een lichtsignaal aan dat de big verdoofd is en gecastreerd kan worden. Op datzelfde moment stopt ook de toevoer van gas. Uit metingen is gebleken dat het gas zich nog enige tijd in de ruimte bij de neus van de big bevindt, en dus houdt de blootstelling aan het gasmengsel nog enige tijd aan. De big wordt bij dit apparaat gecastreerd in de houder. Twee minuten nadat de gastoevoer gestart is wordt mechanisch verse lucht bij de neus geblazen, als beveiliging tegen een te lange blootstelling. Bij gebruik van meerdere houders naast elkaar wordt de gastoevoer per big geactiveerd. In het regelkastje is een teller aanwezig die aangeeft hoeveel biggen gecastreerd zijn.

**Figuur 4** Verdovingsapparaat ontwikkeld door Schippers Bladel BV



### 3.4.3 *Verdoovingsapparaat van de TU Delft.*

In het apparaat dat door de TU Delft is ontwikkeld, worden de biggen evenals bij het model van de NAM in een kegel geplaatst. Door aan een knop te trekken wordt een klepje bij de neus van de biggen gesloten en wordt de toevoer van het gasmengsel geactiveerd. Na 75 seconden wordt via een lichtsignaal aangegeven dat de big uit de houder gehaald en gecastreerd kan worden. Als beveiliging is een mechanisme ingebouwd waarbij het klepje bij de neus van de big na maximaal twee minuten open valt en de big verse lucht in kan ademen.

**Figuur 5** Ontwerptekening van de studenten van de TU Delft



## Conclusie

Uit de resultaten van dit project kan geconcludeerd worden dat de CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-gasverdovingsmethode geschikt lijkt voor toepassing in de praktijk bij de castratie van jonge conventionele biggen. De veiligheidsexperimenten hebben laten zien dat gebruik van een gasmengsel van 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub> bij de gebruikte biggen veilig was bij een blootstellingsduur van twee minuten. Bij deze blootstellingsduur trad in het in dit rapport beschreven onderzoek geen sterfte op die geweten kon worden aan het gebruik van het gasmengsel.

Belangrijk is dat bij deze verdovingsmethode een aantal randvoorwaarden gehanteerd wordt; de verdoving is na 45 seconden voldoende om pijnloos te kunnen castreren mits de biggen het gas tijdens de castratie in blijven ademen. Als de dieren uit het gas gehaald worden voor castratie, is een inademingstijd van 75 seconden noodzakelijk om een voldoende diepe verdoving te garanderen. De castratie moet direct aansluitend aan het stoppen van de gastroediening aan de biggen plaatsvinden.

Het ontwikkelingstraject van de CO<sub>2</sub>-gasverdovingsapparaten laat zien dat het mogelijk is een apparaat te ontwikkelen dat geschikt is voor gebruik op varkensbedrijven, door varkenshouders. Voortvloeiend uit dit project zijn nu twee apparaten beschikbaar, alsmede een tekening van een derde. De apparaten voldoen aan de technische eisen die uit het hier beschreven onderzoek zijn voortgekomen, evenals aan de praktische eisen die vanuit de sector gesteld zijn. Een laatste detaillering in de uitvoering heeft tijdens de zomerperiode op initiatief van de producenten plaatsgevonden door langduriger testen op een aantal varkensbedrijven. Hierdoor kan nu niet alleen de praktische bruikbaarheid maar ook de duurzaamheid nog beter ingeschat worden. De logistiek van de castratie zal op de meeste bedrijven aangepast moeten worden bij gebruik van gasverdoving, deze langduriger testen geven de gebruikers de kans dit te doen en dat heeft aanvullende waardevolle informatie voor verdere verbetering van de apparaten opgeleverd.



## Aanbevelingen

Gasverdooving met een mengsel van 70% CO<sub>2</sub> en 30% O<sub>2</sub> volgens de hierboven beschreven methode geeft een kwalitatief goede verdooving die voldoende is om de pijn van een kortdurende chirurgische ingreep als castratie weg te nemen. De verdooving zou tegelijkertijd gebruikt kunnen worden om andere (pijnlijke) ingrepen of handelingen die op dit moment in de varkenshouderij routinematig uitgevoerd worden, minder pijnlijk te maken. Hierbij moet gedacht worden aan het couperen van de staart, het aanbrengen van een oormerk of het geven van een injectie. Indien deze handelingen aansluitend aan de verdoofde castratie plaatsvinden zal ook hier nog steeds (een deel van) de pijn weggenomen worden. Indien men de handelingen na het stoppen van de gastoediening uitvoert en het voordeel van de pijnstilling optimaal wil benutten is het belangrijk om de handelingen in volgorde van afnemende pijnlijkheid uit te voeren, aangezien de verdooving na stoppen van de gastoediening direct begint af te nemen. In het onderzoek zijn conventionele kruisingsbiggen tot ongeveer een week oud opgenomen, aangezien dat in de praktijk de meest voorkomende categorie is. Aan de hand van dit onderzoek kunnen geen uitspraken gedaan worden over het effect van de gebruikte methode bij oudere dieren of bij dieren van afwijkende (bv. zuivere) lijnen.

## Literatuur

- Carroll, J. A., et al. (2006). Hormonal profiles, behavioral responses, and short-term growth performance after castration of pigs at three, six, nine, or twelve days of age. *J. Anim Sci.* 84(5): 1271-1278.
- Claus, R. (1979). Mammalian pheromones with special reference to the boar taint steroid and its relationship to other testicular steroids. *Fortschr Tierphysiol Tierernahr* 10: 1-136.
- Coenen, A. M. L., et al. (1995). Carbon dioxide euthanasia in rats: oxygen supplementation minimizes signs of agitation and asphyxia. *Lab Anim* 29(3): 262-268.
- Danneman PJ, et al. (1997). Humane and practical implications of using carbon dioxide mixed with oxygen for anesthesia or euthanasia of rats. *Lab Anim Sci* 47(4): 376-385.
- Gerritzen, M. A., et al. (Accepted). Castration of piglets under CO<sub>2</sub>-gas anaesthesia. *Animal*.
- Gerritzen, M. A., et al. (2006). Susceptibility of duck and turkey to severe hypercapnic hypoxia. *Poult Sci* 85(6): 1055-1061.
- Hay, M., et al. (2003). Assessment of pain induced by castration in piglets: behavioral and physiological responses over the subsequent 5 days. *Applied Animal Behaviour Science* 82(3): 201-218.
- Henke, J. and W. Ehrhardt (2004). Analgesie. Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier sowie bei Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen. W. Ehrhardt. Stuttgart, New York, Schattauer Verlag: 369-405.
- Hoer, T. and J. Lankhaar (1999). Controlled atmosphere stunning of poultry. *Poult Sci* 78(2): 287-289.
- Kluyvers-Poodt et al., M. (2007). Castration under anaesthesia and/or analgesia in commercial pig production. M. Kluyvers-Poodt, H. H. Hopster and H. A. M. Spoolder. Lelystad, Animal Sciences Group of Wageningen UR.
- Kmiec, M. (2005). Die Kastration von Saugferkeln ohne und mit Allgemeinanästhesie (Azaperon-Ketamin): Praktikabilität, Wohlbefinden und Wirtschaftlichkeit. Berlin. Diss. med. vet.
- Kohler, I., et al. (1998). Inhalation anaesthesia for the castration of piglets: CO<sub>2</sub> compared to halothane. *J. Vet. Med. A* 45: 625-633.
- Körtel, A. (1996). Blutspiegel von Cortisol und Pterinen im Verlauf von Ferkelkastrationen mit und ohne CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-Anästhesie. München. Diss. Med. Vet.
- Lahrman, K., et al. (2004). Early castration of piglets with or without anesthesia - animal welfare, practicability and economy aspects. Proceedings of the IPVS Congress, Hamburg, Germany.
- Lauer, S., et al. (1994). Die CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>-Anästhesie zur Kastration von männlichen Ferkeln (vorläufige Ergebnisse). *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 101: 110-113.
- Martoft, L., et al. (2002). Effects of CO<sub>2</sub> anaesthesia on central nervous system activity in swine. *Lab Anim* 36(2): 115-126.
- McKeegan DE, et al. (2005) "Behavioral correlates of olfactory and trigeminal gaseous stimulation in chickens, *Gallus domesticus*." *Physiol Behav* 84, 761-768 DOI:
- Steenblock, I. (2002). Untersuchungen zur Betäubung von Kastrationsferkeln mit Kohlendioxid, Argon und Kohlendioxid/Argon und zur postoperativen Belastung. Bern. Diss. Vet. Med.
- Svendsen, O. (2006). Castration of piglets under carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) anaesthesia. *J. Vet. Pharmacol. Therap.* 29(Suppl 1): 54-55.
- Taylor, A. A. and D. M. Weary (2000). Vocal responses of piglets to castration: identifying procedural sources of pain. *Applied Animal Behaviour Science* 70(1): 17-26.
- Taylor, A. A., et al. (2001). Behavioural responses of piglets to castration: the effect of piglet age. *Applied Animal Behaviour Science* 73(1): 35-43.
- Van Zutphen, L. F. M. (1991). Proefdieren en proefdierkunde, Wetenschappelijke Uitgeverij Bunge.
- White, R. G., et al. (1995). Vocalization and physiological response of pigs during castration with or without a local anesthetic. *J. Anim Sci.* 73(2): 381-386.