



Euthanasie van dieren op het primaire bedrijf

M. Kluijvers-Poodt, J. Rommers, H. Reimert, L. Troquet, M. Gerritzen

Openbaar
Rapport 1355



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN **UR**

Euthanasie dieren op primair bedrijf

M. Kluivers-Poodt, J. Rommers, H. Reimert, L. Troquet, M. Gerritzen

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Dierenwelzijn' (projectnummer BO-20.00-008-002.01).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, april 2014

Openbaar

Rapport 1355



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/563306> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2021

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

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

Openbaar Wageningen Livestock Research Rapport 1355

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
Summary	8
1 Inleiding	9
2 Literatuuroverzicht	10
2.1 Inleiding	10
2.2 Bevindingen	10
2.3 Conclusies	16
3 Praktijkproef	18
3.1 Inleiding	18
3.2 Materiaal en methoden	18
3.2.1 Proeflocatie en proefdieren	18
3.2.2 Faciliteiten	18
3.2.3 Statistische analyse	19
3.3 Resultaten	19
3.3.1 Proefdieren	19
3.3.2 Praktische beoordeling (dierversorgers)	20
3.3.3 Reflexen	20
3.3.4 Voorbeeld EEG en ECG	22
3.3.5 Overige bevindingen	23
3.4 Conclusies	23
4 Aanbevelingen	25
Literatuur	26
Bijlage 1 Zephyr-E	28



Woord vooraf

In de veehouderij is regelmatig sprake van gewonde of zieke dieren die in een zodanige toestand verkeren dat euthanasie wenselijk is. In eerste instantie zullen deze dieren gescheiden worden van de koppel en in een ziekenboeg gelegenheid krijgen om, al of niet ondersteund met een veterinaire behandeling, op te knappen. Echter, indien herstel niet optreedt en/of het lijden van de dieren zodanig is dat het uit welzijnsoogpunt niet wenselijk is om ze in leven te laten, zal euthanasie van het dier moeten plaatsvinden. In dit rapport vindt u een overzicht van in de literatuur beschreven euthanasie methoden voor verschillende productie dieren. Daarnaast zijn de resultaten van een proef onder praktijk omstandigheden naar een euthanasie methode voor jonge biggen in deze rapportage beschreven. Uitgangspunt bij deze praktijk proef was de mogelijkheid van toepassing van een euthanasie methode door de veehouder in plaats van door de dierenarts.



Samenvatting

Het in dit rapport beschreven onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken. Het onderzoek betreft de mogelijkheden van het euthanaseren van dieren op het primaire bedrijf. Als eerste is een literatuurstudie uitgevoerd, voortbordurend op een studie van Wageningen UR Livestock Research in 2010, waarin een schematisch overzicht is gemaakt van de wetenschappelijke kennis ten aanzien van euthanasiemethoden op het primaire bedrijf. De beschreven methoden zijn vergeleken met die beschreven in Verordening (EG) Nr. 1099/2009. Als tweede is een praktijkproef uitgevoerd met een commercieel verkrijgbare methode voor het euthanaseren van biggen op het primaire bedrijf.

Het literatuuronderzoek was gericht op een aantal specifieke diersoorten, nl. varkens, kalkoenen, geiten- en schapen(lammeren). Over het euthanaseren van geitenlammeren bleek geen literatuur beschikbaar, mogelijk/waarschijnlijk zijn methoden die geschikt zijn voor het euthanaseren van schapenlammeren echter ook geschikt voor geitenlammeren. Een groot aantal methoden is wetenschappelijk op verschillende aspecten onderzocht. Methoden vallen binnen drie categorieën: mechanisch, elektrisch, gas. Een vierde categorie is de dodelijke injectie, maar deze mag uitsluitend door dierenartsen gegeven worden en is niet verder in dit onderzoek meegenomen. De onderzochte methoden in de literatuur zijn niet altijd toegestaan volgens Verordening (EG) Nr. 1099/2009. Van methoden die binnen de verordening vallen, is aan de andere kant niet altijd een wetenschappelijke beoordeling van de relevante criteria in de literatuur te vinden. Mechanische methoden die in een wetenschappelijke opzet positief scoren op de parameters welzijn, snelheid en effectiviteit zijn: het niet-penetrerend penschiettoestel in kalkoenen, pasgeboren biggen en schapenlammeren, en het penetrerend penschiettoestel in varkens en schapenlammeren. Van de verschillende gasmethoden is vooral CO₂ onderzocht, waarbij het effect op welzijn, snelheid en effectiviteit sterk afhankelijk is van de exacte uitvoering. Verschillende methoden zijn commercieel beschikbaar en (mogelijk) perspectiefvol voor toepassing op het primaire bedrijf, maar ze kennen vaak onvoldoende wetenschappelijke onderbouwing. Voorbeelden zijn stikstofschuim (bij alle genoemde diersoorten), de Zephyr-E (bij varkens >9 kg, schapen- en geitenlammeren) en mogelijk de VetCon Aurelia P (bij kalkoenen).

In de beschikbare literatuur worden verschillende aandachtspunten c.q. onderzoeksvragen genoemd, zoals bijvoorbeeld de aard van het hersenletsel dat met een mechanische methode veroorzaakt wordt. Daarnaast wordt het ontwikkelen van gebruiksprotocollen die een veilige en effectieve toepassing van een methode garanderen, aanbevolen. Een specifiek aspect dat in gebruikersprotocollen aandacht moet krijgen is de fixatie van de te euthanaseren dieren, om een zorgvuldige toepassing te waarborgen. Naast welzijn, snelheid en effectiviteit van methoden is ook de esthetische en maatschappelijke kant van een methode een nadrukkelijk aandachtspunt.

In een praktijkproef is de Zephyr-E getest, een niet-penetrerend penschiettoestel dat ontwikkeld en wetenschappelijk onderzocht is in Canada en het Verenigd Koninkrijk. In de proef zijn 25 biggen, variërend van 0,5 tot 9kg, met het apparaat geëuthanaseerd, zonder gebruik van een aanvullende dodingshandeling. De effectiviteit van het apparaat werd aan de hand van de afwezigheid van een aantal reflexen bepaald, aangevuld met metingen van hersenen- (EEG) en hartactiviteit (ECG) bij een deel van de dieren. Het gebruik van het apparaat resulteerde in direct verdwijnen van vrijwel alle geteste reflexen en snel bewustzijnsverlies. In praktisch opzicht behoeft de positionering van het apparaat en de fixatie van de dieren, met name bij kleine dieren, bijzondere aandacht. Geen van de dieren is bij bewustzijn gebleven dan wel gekomen na het gebruik van de Zephyr-E. Echter, het optreden van soms heftige en langdurige spiertrekkingen direct na het schieten waren voor de gebruiker onplezierig om te zien. De kans op het optreden van een schedelfractuur is bij hele kleine biggen aanwezig, mogelijk zou aanpassing van de toegepaste druk van de compressor dit kunnen verminderen.

Summary

The research described in this report was performed at the request of the Dutch ministry for Economic Affairs. It comprises a review of literature and a pilot experiment on farm with a euthanasia method for young piglets. The literature review is a sequel to an earlier report of Wageningen UR Livestock Research, updated with recent literature as well as literature regarding the relevant species. A schematic overview is presented with scientific knowledge regarding the relevant aspects of the euthanasia methods. Described methods are compared with Verordening (EG) Nr. 1099/2009. In the pilot experiment a commercially available method for euthanasia of young piglets was tested on farm.

The literature review focussed on pigs, turkeys, sheep (lambs) and goat (kids). There appeared to be no literature regarding goat, possibly/likely methods that have been researched in sheep can be transferred to goat. A large number of methods were found that have been tested on several or all aspects relevant in euthanasia of animals (i.e. welfare, speed and effectiveness). Methods can be grouped in three categories: mechanical, electrical and gaseous. A fourth category is a lethal injection, but since this method is allowed for veterinarians only, it was not included. Methods aren't always compliant with Verordening (EG) Nr. 1099/2009, however. Methods that are compliant with this regulation, on the other hand, haven't always been researched on all relevant aspects. Mechanical methods that scored positive in literature on welfare, speed and effectiveness, are: non-penetrating captive bolt (in turkeys, piglets until 9 kg BW and lambs) and the penetrating captive bolt (in pigs and lambs). Of different gaseous euthanasia methods CO₂ has been researched the most, where effect on welfare, speed and effectivity are highly dependent on the execution. Several methods are commercially available, but haven't been researched on all critical aspects, examples being nitrogen foam (in all mentioned species), the Zephyr-E (in pigs over 9 kg BW, lambs and kids) en possibly the VetCon Aurelia P (in turkeys).

Literature also mentions several aspects that require attention, for example the extent of the brain injury caused by mechanical methods. Development of user protocols that ensure safe as well as effective application of methods are mandatory. One specific aspects in those protocols should be the method of fixation of animals during euthanasia. Besides welfare, speed and effectiveness of different methods, the esthetical as well as societal side is an aspects of consideration.

In an on farm pilot experiment the Zephyr-E, a non-penetrating captive bolt that has been researched in the UK and Canada, has been tested. In the experiment 25 piglets weighing 0.5 to 9 kg have been euthanized using the Zephyr-E, without using an additional killing method. The effectiveness of the method was assessed by testing several reflexes, as well as brain and heart activity. The use of the Zephyr-E resulted in immediate loss of reflexes (indicative for loss of consciousness). No animal regained consciousness. Practically, applying the Zephyr in very small animals requested careful placement. Fixation of the animal during euthanasia was a point of consideration. After the use of the device, muscle contractions were noticed in all animals and were a concern to the user. It appeared that in very small piglets (<1 kg) a fracture of the skull could occur, which is not allowed in Verordening (EG) Nr. 1099/2009. Possibly, an adjusted in the air pressure could prevent this.

1 Inleiding

Ondanks dat alle inspanningen zijn gericht op het gezond houden van dieren, komt het ook in de veehouderij met enige regelmaat voor dat jonge dieren ziek worden en in een zodanige toestand geraken dat euthanasie wenselijk is. Met name bij biggen, kalkoenenhanen, schapen- en geitenlammeren kunnen in een koppel dieren door ziekte dermate verzwakt raken dat deze zich niet meer kunnen handhaven. In eerste instantie zullen deze dieren gescheiden worden van de koppel en in een ziekenboeg de gelegenheid krijgen om, al of niet ondersteund met een veterinaire behandeling, te herstellen. Echter, indien herstel niet optreedt en/of het lijden van het dier uitzichtloos is, zal uit oogpunt van dierenwelzijn euthanasie moeten plaatsvinden. Naast de noodzaak om dieren uit hun lijden te verlossen, zijn er regelmatig ook gezonde jonge dieren die (al dan niet koppelgewijs) op economische gronden gedood worden. Indien dit onvermijdelijk is, zal ook dit doden op het primaire bedrijf op de meest diervriendelijke en maatschappelijk verantwoorde wijze moeten gebeuren. Vanaf 1 januari 2013 is Verordening (EG) Nr. 1099/2009 (Vo 1099/2009) van kracht, waarin alleen beschreven methoden toegepast mogen worden bij de aangeduide diersoorten (en diercategorieën). Voor toepassing in de praktijk is het van belang dat euthanasiemethoden veilig en praktisch goed uitvoerbaar zijn, aangezien de dierhouder de methode zelf moet kunnen toepassen.

Bepaalde methoden voor het euthanaseren van dieren op het primaire bedrijf voldoen niet ten aanzien van een of meerdere relevante aspecten (welzijn, veiligheid, praktische uitvoerbaarheid) of zijn niet toegestaan volgens de Verordening. In het hier beschreven literatuuronderzoek staat weergegeven welke alternatieven voor euthanasie wetenschappelijk onderzocht zijn en hoe de eerder genoemde aspecten van deze alternatieven in onderzoek scoren.

Het in dit rapport beschreven project had als doel om een overzicht te geven van euthanasiemethoden die in aanmerking kunnen komen voor toepassing door de veehouder op het (primaire) bedrijf. Het gaat hierbij om het doden van dieren die uitzichtloos lijden of pasgeboren dieren waarvoor in ons land geen economisch rendabele productie mogelijk is. Het gaat dus uitdrukkelijk niet om dieren die voor de productie van vlees of andere dierlijke producten worden gedood. Euthanasiemethoden dienen te voldoen aan de geldende nationale en Europese voorwaarden. De resultaten van dit onderzoek zijn van belang voor alle sectoren (varkens, kleine herkauwers, kalkoenen) waarin de problematiek van het doden van dieren op het primaire bedrijf aan de orde is.

2 Literatuuroverzicht

2.1 Inleiding

In 2010 is door Wageningen UR Livestock Research Rapport 274b: "Euthanasie van wrakke dieren op het primaire bedrijf", gepubliceerd (Hindle *et al.*, 2010). Dit rapport betreft een literatuurstudie van euthanasiemethoden voor varkens, runderen en schapen en is als uitgangspunt genomen voor de hier uitgevoerde literatuurinventarisatie. Voor varkens en schapen is de inventarisatie van 2010 met recente literatuur geactualiseerd, ten aanzien van nieuwe methoden of ontwikkelingen en de beschikbare wetenschappelijke onderbouwing ervan. Aangezien kalkoenen en geitenbokjes geen onderdeel waren van de voornoemde literatuurstudie, is voor deze diercategorieën alle literatuur in de inventarisatie meegenomen.

De inventarisatie van de literatuur is uitgevoerd met behulp van de abstracts en citatie database van peer-reviewed literatuur in Scopus, waarbij met de volgende trefwoorden is gezocht:

- Diersoort: turkey, pig, sheep, lamb, goat, kid,
- Onderwerp: slaughter, stunning, killing,
- Methoden: gas, CO₂, CO, N₂, Argon, (non)penetrating captive bolt, electrocution, manual blunt trauma, physical methods, injection.

2.2 Bevindingen

Met betrekking tot geitenlammeren is geen specifieke literatuur gevonden. Alleen in Close *et al.* (1997) wordt vermeld dat halothaan, isofluraan en enfluraan aan te bevelen zijn voor euthanasie van schapen- en geitenlammeren. Gezien de gelijkens tussen schapen- en geitenlammeren is het echter aannemelijk dat methoden die voor schapenlammeren voldoen, eveneens geschikt zijn voor geitenlammeren.

Tabellen 1 t/m 3 geven een overzicht van de verschillende methoden die uit de literatuur naar voren zijn gekomen voor het euthanaseren van respectievelijk kalkoenen, biggen en lammeren (geiten, schapen). Iedere methode is beoordeeld op een aantal parameters, analoog aan die in het onderzoek van Hindle *et al.* (2010) en Close *et al.* (1997), te weten: welzijn, snelheid, effectiviteit, vaardigheid/training van gebruiker vereist, veiligheid gebruiker. De beoordeling van elk onderdeel is gebaseerd op de beschikbare wetenschappelijke kennis. Indien over een van de parameters geen wetenschappelijk onderbouwde informatie voorhanden was, is deze niet gescoord. De score van de parameters is bij elke methode als volgt weergegeven:

- + = positieve score,
- +/- = twijfelachtig,
- - = negatieve score,
- blanco = geen onderbouwing in wetenschappelijke literatuur gevonden.

In de tabellen is een kolom 'Opmerkingen' opgenomen, waarin staat aangegeven dat (indien van toepassing bij de betreffende methode):

- De methode niet is opgenomen in Verordening (EG) Nr. 1099/2009,
- De methode het dier slechts verdooft (in Vo 1099/2009 aangemerkt als 'Eenvoudige bedwelming') en opgevolgd dienen te worden door een dodingshandeling (bijvoorbeeld verbloeden),
- Bij gebruik van de methode aanvullende eisen van toepassing zijn die in Vo 1099/2009 staan beschreven.

Tabel 1 Euthanasiemethoden kalkoenen.

Methodie	Specifieke diercategorie in referentie	Welzijn	Snelheid	Effectiviteit	Toepassing voorhanden	Vaardigheid/ Training vereist	Veiligheid gebruiker	Opmerkingen
Mechanisch								
Breken van nek		-	+	+/-	Burdizzo tang Gloved mechanical cervical dislocation device	+		Toegestaan voor dieren tot 5 kg. Mag niet routinematig worden toegepast. Aanvullende eisen in Vo 1099/2009.
Decapitatie (onthoofding)		-	+	+	Bijl, guillotine	+	+/-	Niet toegestaan volgens Vo 1099/2009.
Percuterende slag op kop			+	+	Metalen pijp of knuppel			Toegestaan voor dieren tot 5 kg. Mag niet routinematig worden toegepast. Aanvullende eisen in Vo 1099/2009.
Penetrerend penschiettoestel				+ (vastgesteld op kadavers vleeskuikens en leghennen)	Modified Armadillo Modified Rabbit Zinger			Aanvullende dodings-handeling noodzakelijk.
Niet-penetrerend penschiettoestel		+	+	+	Zephyr-E Cash Poultry Killer (Accles & Shelvoke)	+		Aanvullende dodings-handeling noodzakelijk.
Elektrisch								
Elektrische bedwelming		+	+	+	Low voltage hand-held stunner Vetcon Aurelia P ¹ (combinatie met breken van nek na elektrische bedwelming) Electrisch waterbad			Aanvullende dodings-handeling noodzakelijk. Aanvullende eisen in Vo 1099/2009.
Gas								

Methode	Specifieke diercategorie in referentie	Welzijn	Snelheid	Effectiviteit	Toepassing voorhanden	Vaardigheid/ Training vereist	Veiligheid gebruiker	Opmerkingen
Argon		+	+/-	+				Aanvullende eisen in Vo 1099/2009.
N ₂		+	+/-	+	Mobile modified-atmosphere killing (MAK)			Aanvullende eisen in Vo 1099/2009.
Schuim + N ₂		+	+	+	N2GF™ technique (SHK trading BV)			Aanvullende eisen in Vo 1099/2009.

Welzijn: + = acceptabel, - = niet acceptabel

Snelheid: + = snel, - = langzaam

Effectiviteit: + = effectief (dodelijk), +/- = twijfelachtig, - = niet effectief (reversibel)

Toepassing voorhanden: op de markt verkrijgbare apparaten

Vaardigheid/training vereist: ++ = vereist specialistische vaardigheid of voldoende kracht, + = vereist training, - = geen training/speciale vaardigheid vereist

Veiligheid gebruiker: + = veilig, - = niet veilig

Tabel 2 Euthanasiemethoden varkens.

Methode	Specifieke diercategorie in referentie	Welzijn	Snelheid	Effectiviteit	Toepassing voorhanden	Vaardigheid/ Training vereist	Veiligheid gebruiker	Opmerkingen
Mechanisch								
Percuterende slag op kop	<5,5 kg	+	+	+/-	Metalen staaf	++		Mag niet routinematig worden toegepast. Aanvullende eisen in Vo 1099/2009.
Vuurwapen met vrij projectiel	>5,5 kg		+	+		++	-	
Penetrerend penschiet-toestel		+	+	+	+	+	+	Aanvullende dodingshandeling noodzakelijk.
Niet-penetrerend penschiet-toestel	Pasgeboren biggen	+	+	+	Zephyr-E (biggen < 9 kg) Modified Cash Special Captive Stunner (Accles& Shelvoke, UK)	+	+	Niet toegestaan volgens Vo 1099/2009.
Elektrisch								
Elektrische bedwelming	>4,5 kg	+	+	Head-only +/- Head-heart +	+	+	-	Aanvullende dodingshandeling noodzakelijk. Aanvullende eisen in Vo 1099/2009.
Gas								
CO ₂		+/-	+/-	+	+	+	++	Aanvullende eisen in Vo 1099/2009.
CO ₂ / N ₂ mengsel								
Argon		+	+/-	+			-	
Halothaan, isofluraan, enfluraan			+	+	+	Toepassing uitsluitend door dierenarts	+	Niet toegestaan volgens Vo 1099/2009.

Welzijn: + = acceptabel, - = niet acceptabel

Snelheid: + = snel, - = langzaam

Effectiviteit: + = effectief (dodelijk), +/- = twijfelachtig, - = niet effectief (reversibel)

Toepassing voorhanden: op de markt verkrijgbare apparaten

Vaardigheid/training vereist: ++ = vereist specialistische vaardigheid of voldoende kracht, + = vereist training, - = geen training/speciale vaardigheid vereist

Veiligheid gebruiker: + = veilig, - = niet veilig

Tabel 3 Euthanasiemethoden schapenlammeren (en daarmee waarschijnlijk ook geitenlammeren).

Methode	Specifieke diercategorie in referentie	Welzijn	Snelheid	Effectiviteit	Toepassing voorhanden	Vaardigheid /Training vereist	Veiligheid gebruiker	Opmerkingen
Mechanisch								
Percuterende slag op kop			+	+		++		Mag niet routinematig worden toegepast. Aanvullende eisen in Vo 1099/2009.
Niet-penetrerend penschiet-toestel		+	+	+		+		Alleen toegestaan bij herkauwers < 10 kg op slacht. Aanvullende dodings-handeling noodzakelijk.
Penetrerend penschiet-toestel		+	+	+		+		Aanvullende dodings-handeling noodzakelijk.
Elektrisch								
Elektrische bedwelmig				+		+	-	Aanvullende dodings-handeling noodzakelijk. Aanvullende eisen in Vo 1099/2009.
				Head-only and head-to back or leg				
Gas								
Halothaan, isofluraan, enfluraan		+	+	+	+	Toepassing uitsluitend door dierenarts.	+	Niet toegestaan volgens Vo 1099/2009.
CO ₂		+/-						Niet toegestaan volgens Vo 1099/2009.

Methodie	Specifieke diercategorie in referentie	Welzijn	Snelheid	Effectiviteit	Toepassing voorhanden	Vaardigheid /Training vereist	Veiligheid gebruiker	Opmerkingen
CO		-	+	+			-	Niet toegestaan volgens Vo 1099/2009.
				(bij 4-6% CO)				

Welzijn: + = acceptabel, - = niet acceptabel

Snelheid: + = snel, - = langzaam

Effectiviteit: + = effectief (dodelijk), +/- = twijfelachtig, - = niet effectief (reversibel)

Toepassing voorhanden: op de markt verkrijgbare apparaten

Vaardigheid/training vereist: ++ = vereist specialistische vaardigheid of voldoende kracht, + = vereist training, - = geen training/speciale vaardigheid vereist

Veiligheid gebruiker: + = veilig, - = niet veilig

2.3 Conclusies

Op basis van de beschikbare wetenschappelijke literatuur kan het volgende geconcludeerd worden.

Ten aanzien van euthanasie van **kalkoenen**:

- Uit welzijnsoogpunt zijn het breken van de nek en het onthoofden ongeschikte euthanasiemethoden. Deze methoden zijn ook niet toegestaan volgens Vo 1099/2009. De percuterende slag op de kop mag uitsluitend bij dieren <5 kg levend gewicht worden toegepast, doch niet routinematig. Het effect op welzijn is afhankelijk van de uitvoering.
- Een niet-penetrerend penschiettoestel heeft op wetenschappelijke gronden de voorkeur. Zowel welzijn, snelheid en effectiviteit zijn onderzocht en scoren positief. Aanvullend voordeel is, dat er een commercieel verkrijgbaar apparaat beschikbaar is: de Zephyr-E (Bock industries Inc., Philipsburg, PA, VS), die ook de veiligheid van de gebruiker voldoende lijkt te waarborgen. In Vo 1099/2009 staat aangegeven dat de methode als eenvoudige bedwelming geldt en een aanvullende dodingshandeling noodzakelijk is. Wetenschappelijke experimenten hebben echter laten zien dat gebruik van de Zephyr-E leidt tot onmiddellijk bewustzijnsverlies en aansluitend de dood van het dier. Dat het intreden van de dood niet afhankelijk is van een aanvullende dodingshandeling, is voor gebruik in de praktijk een pre, in geval van (onverhoopt) achterwege laten of verlaat uitvoeren van een dodingshandeling.
- Er is eveneens een commercieel verkrijgbaar penetrerend penschiettoestel. Deze methode is toegestaan volgens Vo1099/2009. Echter, de methode is slechts uitgetest op kadavers van vleeskuikens en leghennen. De hersenschade die geïnduceerd wordt is groot, wat de methode perspectiefvol maakt. Bijkomend voordeel is dat geen aanvullende dodingshandeling nodig is. Aanvullend onderzoek op levende dieren, met een beoordeling van welzijn en effectiviteit is echter noodzakelijk voordat introductie in de praktijk kan plaatsvinden.
- Elektrische methoden worden in slachterijen op grote schaal toegepast. Deze gelden als eenvoudige bedwelming en dienen gevolgd te worden door een dodingshandeling. Er is een commercieel verkrijgbaar apparaat beschikbaar voor toepassing op individuele dieren: de Vetcon Aurelia P. Dit apparaat geeft een elektrische bedwelming, waarna de dieren gedood worden door het breken van de nek. Nadere informatie over het apparaat ontbreekt echter, evenals een wetenschappelijke onderbouwing. Daarnaast is het breken van de nek bij dieren >5 kg niet toegestaan en bij lichtere dieren niet routinematig.
- Gebruik van CO₂ om dieren te euthanaseren is effectief, maar het welzijnsaspect is sterk afhankelijk van met name de startconcentratie waaraan dieren worden blootgesteld. Directe blootstelling aan een hoge concentratie leidt tot aversief gedrag, terwijl een 2-fasen toepassing (laag-hoog) dat negatieve effect niet kent.
- Voor het doden van dieren met stikstofschuim is een commercieel verkrijgbare methode beschikbaar (N2GF™ Trading BV). Onderzoek bij pluimvee door McKeegan et al. (2013) en Gerritzen et al (2010) heeft aangetoond dat deze methode positief scoort op effectiviteit en welzijn. Er zijn momenteel nieuwe apparaten in ontwikkeling voor het mechanisch doden van pluimvee (Hopkins et al., 2013). De resultaten van deze studies zijn echter nog niet gepubliceerd.

Ten aanzien van euthanasie van **varkens**:

- De percuterende slag op de kop scoort positief op dierenwelzijn en snelheid, maar de effectiviteit kan variëren, afhankelijk van de uitvoering. Deze methode mag uitsluitend worden toegepast bij dieren <5 kg en is niet routinematig toegestaan.
- Zowel het penetrerende als niet-penetrerende penschiettoestel scoren positief op welzijn, snelheid en effectiviteit, beide gelden echter als eenvoudige bedwelmingmethode en dienen opgevolgd te worden door een dodingshandeling. Het niet-penetrerende penschiettoestel is niet toegestaan volgens Vo 1099/2009. Voor de laatste methode is wel een commercieel verkrijgbaar apparaat beschikbaar, de Zephyr-E. Dit apparaat is volgens de fabrikant geschikt voor biggen <9 kg. Casey-Trott et al. (2013) hebben aangetoond dat deze methode effectief is voor euthanasie van jonge biggen, zonder gebruik van een aanvullende dodingshandeling. Toepassing van het apparaat leidde alleen regelmatig tot een schedelfractuur, hetgeen niet is toegestaan volgens Vo 1099/2009.

-
- Voor het doden van dieren met stikstofschuim is een commercieel verkrijgbare methode beschikbaar (N2GF™ Trading BV). Onderzoek bij pluimvee door McKeegan et al. (2013) heeft aangetoond dat deze methode positief scoort op effectiviteit en welzijn, onderzoek bij biggen naar de welzijns- en effectiviteitsaspecten bij het doden met deze methode is echter niet uitgevoerd.
 - Gebruik van CO₂ en een mengsel van CO₂ -N₂ om dieren te euthanaseren is bewezen effectief (Gerritzen et al, 2012), maar het welzijnsaspect is sterk afhankelijk van met name de startconcentratie waaraan dieren worden blootgesteld. Directe blootstelling aan een hoge concentratie leidt tot aversief gedrag, terwijl een 2-fasen toepassing (laag-hoog) dat negatieve effect niet kent.
 - Toepassing van (anaesthetische) gassen halothaan, isofluraan of enfluraan is uit welzijnsoogpunt een toepasbare methode, alhoewel inductie van bewustzijnsverlies stressvol kan zijn. Echter, door de strikte regulering van het gebruik van deze gassen en de risico's verbonden aan het gebruik, is toepassing van deze methode op het bedrijf niet te verkiezen.

Ten aanzien van euthanasie van **schapenlammeren** (en daarmee waarschijnlijk ook geitenlammeren):

- Zowel het penetrerende als niet-penetrerende penschiettoestel scoren positief op welzijn, snelheid en effectiviteit, beide gelden echter als eenvoudige bedwelmingsmethode en dienen opgevolgd te worden door een dodingshandeling. Het niet-penetrerende penschiettoestel is uitsluitend toegestaan voor herkauwers <10 kg op slacht, volgens Vo 1099/2009.
- Over het toepassen van elektrische bedwelmingsmethode, gevolgd door een dodingshandeling, bij (jongere) dieren op het primaire bedrijf, is wetenschappelijk weinig bekend. De bedwelmingsmethode wordt op slachthuizen bij oudere dieren toegepast. Het effect en de mogelijkheid van toepassing in een afwijkende situatie (bij een andere leeftijd) zou nader onderzocht moeten worden.
- Toepassing van (anaesthetische) gassen halothaan, isofluraan of enfluraan is uit welzijnsoogpunt een toepasbare methode, alhoewel inductie van bewustzijnsverlies stressvol kan zijn. Echter, door de strikte regulering van het gebruik van deze gassen en de risico's verbonden aan het gebruik, is toepassing van deze methode op het bedrijf niet te verkiezen.

3 Praktijkproef

3.1 Inleiding

In de veehouderij is regelmatig sprake van dieren die in een zodanige toestand verkeren dat een beëindiging van het leven wenselijk is, dan wel van dieren die uit economisch oogpunt niet aangehouden kunnen worden. Dit is met name bij biggen, kalkoenenhanen, schapen- en geitenlammeren aan de orde. Zieke of verzwakte dieren worden in eerste instantie gescheiden van de koppel en in een ziekenboeg geplaatst, al of niet ondersteund met een veterinaire behandeling, om te herstellen. Echter, indien herstel niet optreedt en/of het lijden van de dieren zodanig is dat het uit welzijnsoogpunt niet wenselijk is om ze in leven te laten, wordt het dier geëuthanaseerd.

Vanaf 1 januari 2013 is Verordening (EG) Nr. 1099/2009 van kracht, waarin alleen beschreven methoden toegepast mogen worden bij de aangeduide diersoorten (en diercategorieën). Voor toepassing in de praktijk is het van belang dat alternatieven veilig en praktisch goed uitvoerbaar zijn, aangezien de dierhouder deze methode zelf moet kunnen toepassen, en dat de kosten van de methode aanvaardbaar zijn.

In het Verenigd Koninkrijk en Canada is in wetenschappelijke experimenten een apparaat onderzocht voor het doden van biggen tot 9 kg lichaamsgewicht: een niet-penetrerend penschiettoestel, de Zephyr-E (Bock Industries Inc., Philipsburg, PA, VS, zie bijlage 1). Bij deze methode wordt een pin tegen de schedel geschoten, waarbij de geïnduceerde drukgolf in de hersenen bewustzijnsverlies en daaropvolgend de dood van het dier veroorzaakt. In de hier beschreven praktijkproef is gekeken naar het effect en de praktische toepasbaarheid van de Zephyr-E op biggen tot een gewicht van 9 kg.

3.2 Materiaal en methoden

3.2.1 Proeflocatie en proefdieren

Het protocol van deze proef is goedgekeurd door de Dierexperimentencommissie (DEC) van de Animal Sciences Group van Wageningen UR in Lelystad. De proef is uitgevoerd op Varkens Innovatie Centrum Sterksel in de periode december 2013 tot maart 2014. De Zephyr-E is toegepast op 25 zuigende en gespeende biggen tot een gewicht van 9 kg. Alle dieren die in het onderzoek zijn gedood, waren dieren die niet levensvatbaar waren of die ziek waren en niet voldoende reageerden op behandeling. De dieren zouden in de normale bedrijfsvoering eveneens zijn geëuthanaseerd.

3.2.2 Faciliteiten

3.2.2.1 Huisvesting

De dieren zijn na constatering van uitzichtloos lijden uit de normale huisvesting (kraamhok, gespeende biggenafdeling) of uit de ziekenboeg gehaald en naar de ruimte gebracht waarin de Zephyr-E was opgesteld.

3.2.2.2 Euthanasieprotocol

Elke big is op een tafel in een stabiele buikligging gepositioneerd, zodanig dat de Zephyr-E op de juiste plek geplaatst kon worden, zonder risico of gevaar voor gebruiker of omstanders. De Zephyr-E is volgens de voorschriften op de kop geplaatst op het kruispunt van de 2 (denkbeeldig) lijnen tussen de bovenkant van de oorbasis en de binnenste ooghoek van het tegenoverliggende oog. Het apparaat werd bediend met één hand, terwijl met de andere hand de big ter hoogte van de schouderbladen werd gefixeerd. Nadat het schietmasker en de big goed waren gepositioneerd, is de Zephyr-E tweemaal afgevuurd (volgens voorschrift van de fabrikant).

3.2.2.3 Waarnemingen

Waarnemingen voorafgaand aan euthanasie:

Van elk dier zijn de volgende gegevens vastgelegd: afdeling, zeug nummer, hok nummer, geboortedatum, gewicht, aanleiding tot euthanasie (symptomen, vermoedelijke aandoening waaraan het dier lijdt).

Voorafgaand aan de euthanasie is bij elk dier de dreigreflex, ooglidreflex, corneareflex, pupilreflex en pijnreflex getest.

Direct na het gebruik van de Zephyr-E, zijn de dreigreflex, ooglidreflex, corneareflex, pupilreflex en pijnreflex elke 15 seconden getest, tot 90 seconden na schieten. Aanvullend zijn ademhaling en hartslag gecontroleerd op aanwezigheid om de dood vast te kunnen stellen.

Definities:

Dreigreflex = een vinger wordt met een snelle beweging in de richting van het oog bewogen, als het dier knippert is de reflex aanwezig

Ooglidreflex = met een vinger wordt op de huid van de binnenste ooghoek getikt, als het dier knippert is de reflex aanwezig

Pupilreflex = met een lampje wordt in het oog geschenen, als de pupil kleiner wordt, is de reflex aanwezig

Pijnreflex = met 2 vingers wordt in de bovenrand van de wroetschijf geknepen, als het dier reageert (terugtrekt, piept) is de reflex aanwezig

Corneareflex = met een vinger wordt op het oog getikt, als het dier knippert is de reflex aanwezig

Ademhaling = waarneembare adembewegingen (uitzetten) van ribboog of buik

Hartslag = voelbare hartactiviteit op borstkas onder de linker en/of rechter elleboog

Aanvullende waarnemingen:

Van 10 proefdieren is een EEG-registratie gemaakt. De euthanasie van 18 dieren is op film vastgelegd. Deze beelden werden gebruikt om de aanwezigheid en duur van optredende spiertrekkingen vast te stellen.

3.2.2.4 Data opslag

Data van de proef zijn ingevoerd en opgeslagen in het proevenmanagementsysteem van VIC Sterksel en in Excel databestanden. EEG-registratie is d.m.v. telemetrisch dataloggers (Lowe et al., 2007) gerealiseerd en data is digitaal opgeslagen op het WLR ICT-netwerk.

3.2.3 Statistische analyse

Niet van toepassing.

3.3 Resultaten

3.3.1 Proefdieren

De 25 dieren die in het onderzoek zijn meegenomen waren dieren in de leeftijd van 1 dag tot 9 weken leeftijd. Gewichten liepen uiteen van 540 gram tot 8,7 kg, met een gemiddelde van 2,6 kg (mediaan van 2,1 kg).

3.3.2 Praktische beoordeling (dierversorgers)

De Zephyr-E is eenvoudig en handzaam in gebruik, en mee te nemen in de afdeling of de gang. Het schietapparaat wordt aangesloten op een (kleine) compressor voor de benodigde luchtdruk. Ten aanzien van de toepassing vonden de dierversorgers van VIC Sterksel de spiertrekkingen na het afvuren van de Zephyr-E onplezierig om te zien. Deze geven de indruk dat het gebruik nadelig is voor het welzijn van het dier.

De 'schietmond' van de Zephyr-E wordt als behoorlijk groot ervaren, waardoor een goede positionering bij met name hele kleine (pasgeboren) biggen moeilijk is. Een goede positionering is echter essentieel, omdat anders de veroorzaakte drukgolf een verkeerde richting heeft en het effect onvoldoende kan zijn. Met name bij kleinere dieren waarbij eveneens een EEG-registratie werd gemaakt, was het kiezen van de juiste positie door de aanwezigheid van de elektroden lastig.

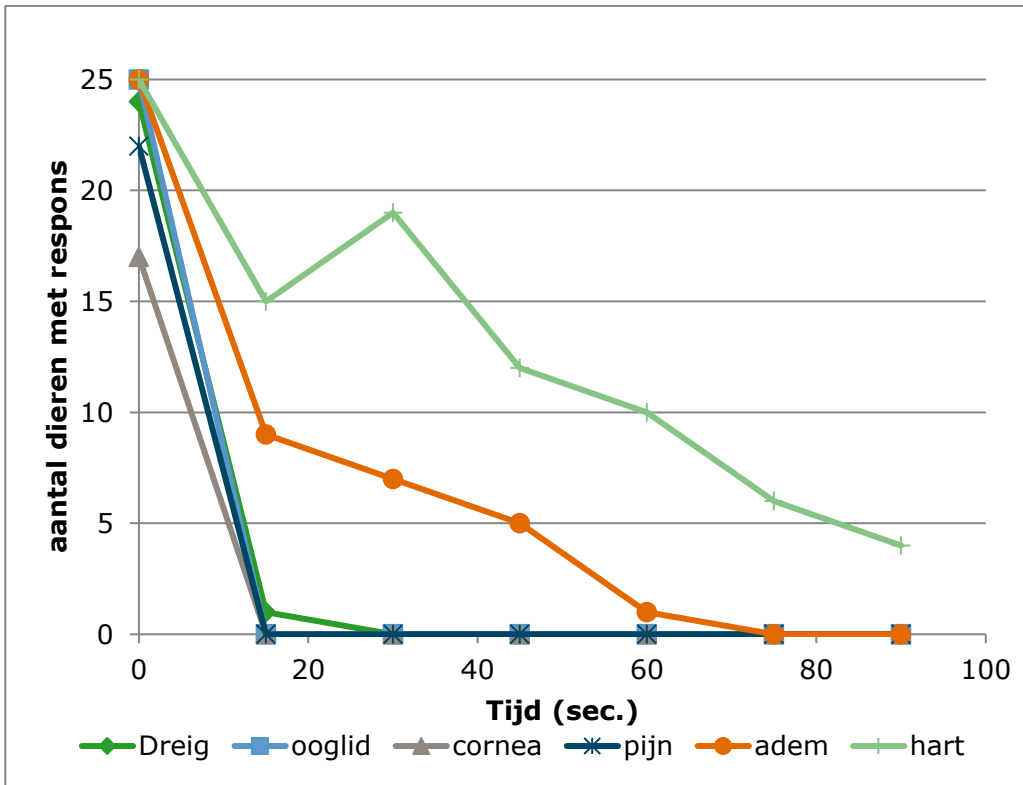
Bij oudere dieren werd ervaren dat de eerste maal afvuren een grotere terugslag tot gevolg had dan bij jongere dieren, waarschijnlijk veroorzaakt door een grotere hardheid van de schedel (verbening). De gebruiker dient hierop voorbereid te zijn, omdat anders sprake kan zijn van een onzorgvuldige positionering van het apparaat bij de tweede maal afvuren.

In deze proef zijn de dieren op een tafel gefixeerd, maar een fixatiemethode die een meer stabiele houding van het dier geeft, heeft de voorkeur. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan een eenvoudige hangmat.

3.3.3 Reflexen

In figuur 1 is weergegeven welke reflexen op de verschillende momenten aanwezig waren. Bij een aantal dieren is de corneareflex voorafgaand aan het gebruik van de Zephyr-E niet getest, aangezien de andere 'oogreflexen' (dreig- en ooglidreflex) overduidelijk aanwezig waren. Drie dieren reageerden niet duidelijk op de pijnprikkel, echter wel op de andere reflexen. Alle reflexen waren op 15 seconden na schieten afwezig, uitgezonderd de dreigreflex bij een van de 25 dieren. De pupilreflex is alleen bij de eerste dieren beoordeeld. Voor een correcte beoordeling van de pupilreflex moesten de oogleden na gebruik van de zephyr-E met de vingers geopend worden, daardoor kwam het tijdig testen van de andere reflexen in gevaar en is besloten deze reflex niet verder in het onderzoek mee te nemen.

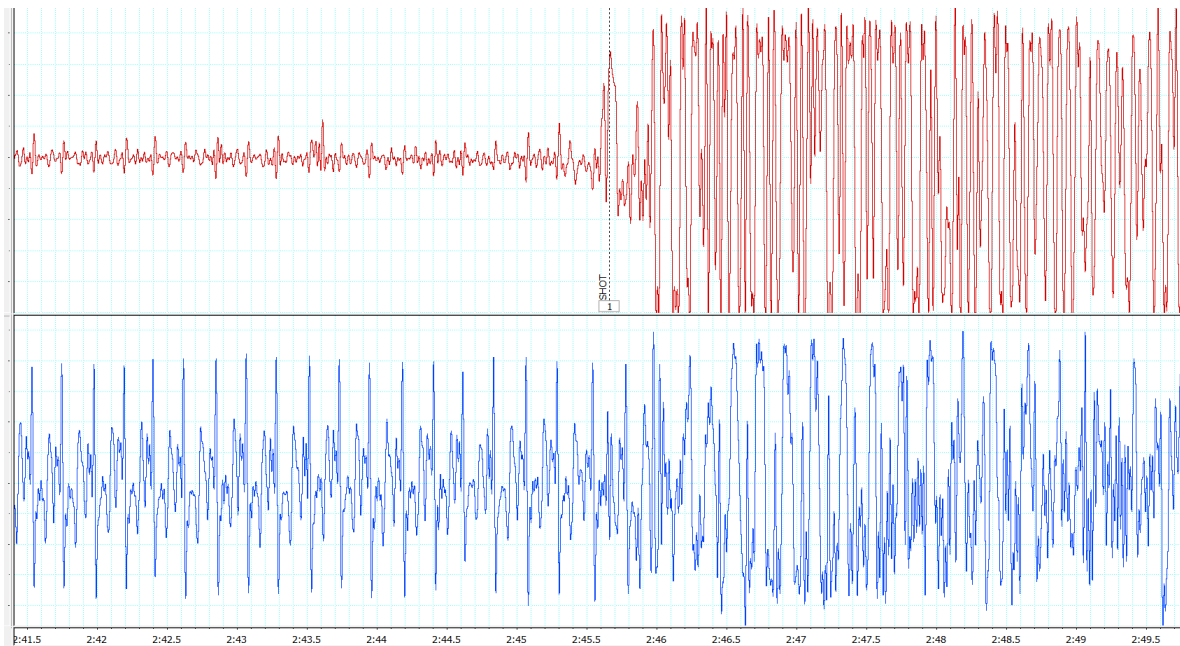
De ademhaling bleek door het optreden van vaak heftige spiertrekkingen moeilijk te beoordelen, maar was in zeker 9 van de 25 dieren op 15 seconden na schieten nog aanwezig. De hartslag kon door voelen worden vastgesteld, maar is ook op het ECG op aanwezigheid beoordeeld. Deze was in het merendeel van de dieren na het schieten nog aanwezig, en bleef bij een aantal dieren nog tot meer dan 90 seconden na schieten aanwezig (zie figuur 1).



Figuur 1 Aanwezigheid van reflexen, ademhaling en hartslag gemeten bij 25 biggen voor en na het euthanaseren met een niet-penetrerend penschiettoestel (Zephyr-E).

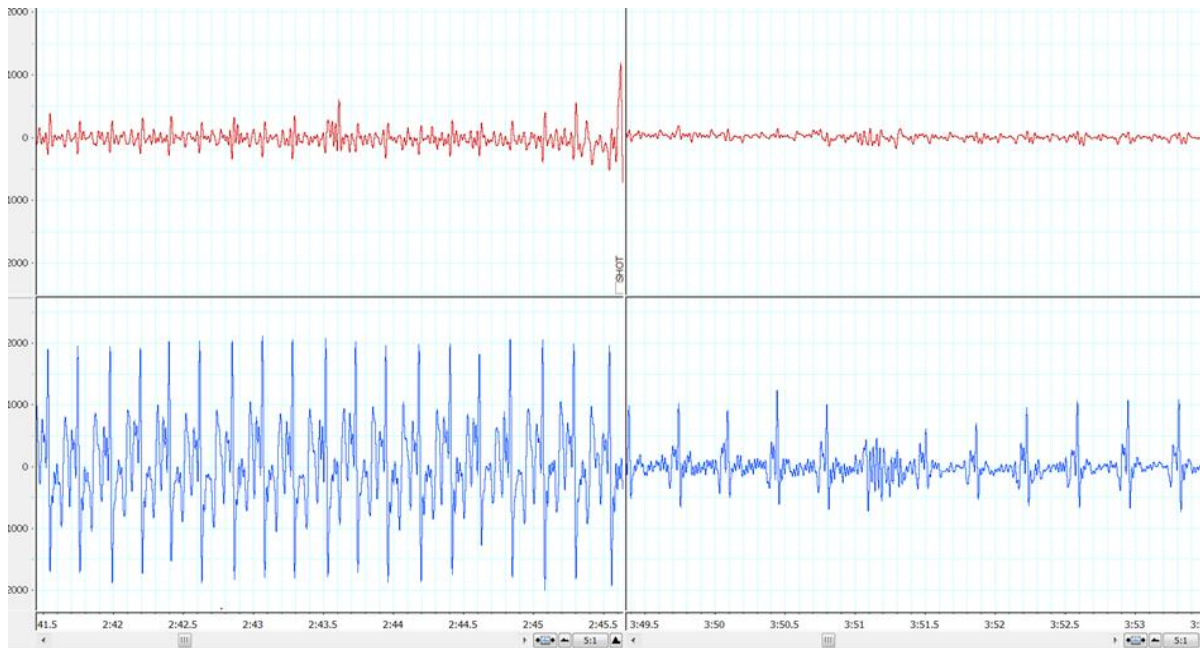
3.3.4 Voorbeeld EEG en ECG

In figuur 2 is een typisch voorbeeld weergegeven van het EEG (hersenactiviteit) en ECG (hartactiviteit), gemeten bij een van de dieren uit de proef. Deze beelden geven het verloop in hersen- en hartactiviteit (ECG) weer voor en direct na schieten (1=shot). Na het toepassen van de Zephyr-E treden flinke spiertrekkingen op die een vertekening in met name de hersengolven geven.



Figuur 2 *Typisch voorbeeld van EEG (boven) en ECG (onder) tijdens de euthanasie van een big met gebruik van de Zephyr-E; de linker helft geeft de registratie voor gebruik van de Zephyr-E weer, de rechter direct na gebruik.*

In figuur 3 wordt het verloop weergegeven van de hersen- en hartactiviteit bij een van de dieren gedurende de periode vanaf 1 minuut na het gebruik van de Zephyr-E.



Figuur 3 Typisch voorbeeld van EEG- (boven) en ECG- (onder) na gebruik van de Zephyr-E; de linker helft geeft de registratie voor gebruik van de Zephyr-E weer, de rechter vanaf 1 minuut na gebruik.

3.3.5 Overige bevindingen

Na toepassing van de Zephyr-E traden bij alle dieren behoorlijke spiertrekkingen op. De duur hiervan varieerde van 42 seconden tot 150 seconden. Bij 3 biggen was de duur van de convulsies meer dan 100 seconden. Bij 2 grotere dieren waren eveneens langduriger spiertrekkingen aanwezig. Deze dieren zijn na 30 seconden aanvullend achter het oor geschoten, waarna de spiertrekkingen direct ophielden.

Bij 4 van de 25 dieren was een zichtbare beschadiging van de schedel aanwezig. Dit was met name het geval bij lichte (pasgeboren) biggen.

3.4 Conclusies

De Zephyr-E leidde bij het gebruik bij de biggen in deze proef tot een direct verlies van reflexen (indicatief voor bewustzijnsverlies) en vervolgens tot de dood (gekenmerkt door stoppen van ademhaling en hartslag). Geen van de dieren kwam bij na gebruik van de Zephyr-E, ondanks dat geen aanvullende dodingshandeling is uitgevoerd.

Bij 10 dieren is een registratie van de hersenactiviteit (EEG) uitgevoerd. De technische uitvoering hiervan werd bemoeilijkt, enerzijds door de beperkte omvang van sommige biggen (met name de dieren met een zeer laag lichaamsgewicht), anderzijds doordat de niet-invasieve (plak)electroden geen belemmering mochten zijn om de Zephyr-E goed te positioneren. Bij sommige dieren raakten de elektroden los tijdens de procedure en kon geen beoordeling plaatsvinden. Een visuele beoordeling van de geschikte hersenfilmpjes gaf een duidelijke vertekening van de hersenactiviteit te zien, als gevolg van de geïnduceerde spiertrekkingen, waardoor het niveau van bewustzijn in die periode niet goed beoordeeld kon worden. Na het verdwijnen van de spiertrekkingen was de hersenactiviteit echter nagenoeg afwezig. De hartactiviteit bleef nog lang aanwezig. Echter, geen enkel dier is bijgekomen na het gebruik van de Zephyr-E. Vooral bij jonge, lichte biggen bestaat de kans op het optreden van een schedelfractuur, hetgeen niet is toegestaan volgens Vo 1099/2009. Mogelijk hangt dit samen met de gebruikte druk van de compressor. Deze is volgens de instructies van de fabrikant van de Zephyr-E ingesteld, maar mogelijk moet deze aangepast worden naar gelang het gewicht of de leeftijd van de big. Plaatsing en schietrichting van het apparaat zijn belangrijk en

kunnen de effectiviteit mogelijk beïnvloeden. Bij immature biggen met een laag lichaamsgewicht vraag dit meer aandacht dan bij wat grotere dieren.

De dieren in deze proef zijn op een tafel gefixeerd, maar dat leverde een weinig stabiele houding op. Voor de praktijk is een fixatiemethode in de vorm van een houder c.q. hangmat waarin de big in een stabiele houding gefixeerd kan worden te verkiezen.

4 Aanbevelingen

Aanbevelingen die op basis van dit onderzoek gedaan kunnen worden, zijn:

- Van een aantal methoden die in Verordening (EG) Nr. 1099/2009 worden beschreven is onvoldoende wetenschappelijke onderbouwing aanwezig om te kunnen beoordelen of deze op de aspecten welzijn, snelheid en effectiviteit positief scoren. Nader onderzoek van deze specifieke aspecten zou meer duidelijkheid geven over de wenselijkheid van toepassing van deze euthanasiemethoden op het primaire bedrijf.
- Een beperkt aantal methoden is door de markt doorontwikkeld tot een commercieel verkrijgbaar apparaat dat door een veehouder zelf, op een veilige en gestandaardiseerde manier, toegepast kan worden. Stimuleren van deze ontwikkeling, in combinatie met het invullen van de ontbrekende wetenschappelijke onderbouwing, vergroot het arsenaal aan (gevalideerde) opties in de praktijk.
- Van een aantal methoden is een commercieel verkrijgbaar apparaat beschikbaar. Daarbij ontbreekt echter regelmatig (een deel van) de wetenschappelijke onderbouwing. Valideren van deze apparaten zou eveneens de keuzemogelijkheden verder vergroten.
- Een aantal methoden is in wetenschappelijk onderzoek op alle relevante aspecten beoordeeld. Methodes die op alle punten positief scoren, zijn echter niet altijd toegestaan volgens Verordening (EG) Nr. 1099/2009. Er kan echter een voorstel tot wijziging van de Verordening ingediend worden, op basis van advies van EFSA ten einde recht te doen aan wetenschappelijke en technische vooruitgang, om methoden die op alle punten positief zijn gescoord op te nemen in de Verordening.
- De cross-over tussen methoden en diersoorten zou groter moeten zijn: toepassing van dezelfde methode bij meerdere diersoorten zou het produceren van een commercieel verkrijgbaar apparaat aantrekkelijker moeten maken.

Aanbevelingen die specifiek vanuit de praktijkproef gedaan kunnen worden, zijn:

- Een goede fixatiemethode is van belang voor het goed kunnen uitvoeren van euthanasie. Dit strekt verder dan de methode die in deze proef is beoordeeld.
- De noodzaak tot uitvoering van een aanvullende dodingshandeling dient nader onderzocht te worden. Voor toepassing in de praktijk zou het uit welzijns- en hygiënisch oogpunt een voordeel zijn als deze handeling achterwege gelaten kon worden.
- Aanvullend onderzoek is aan te bevelen naar de mogelijkheden voor het gebruik van de Zephyr –E bij zwaardere varkens (en eventueel andere diersoorten), waarbij onder andere de benodigde druk vanuit de compressor onderzocht dient te worden.
- De ethische, esthetische en economische aspecten van de methode verdienen zorgvuldige aandacht, om acceptatie in de praktijk, en niet te vergeten in de samenleving, te waarborgen.

In de beschikbare wetenschappelijke literatuur wordt een aantal specifieke aanbevelingen voor verder onderzoek naar aanvaardbare euthanasiemethoden gedaan:

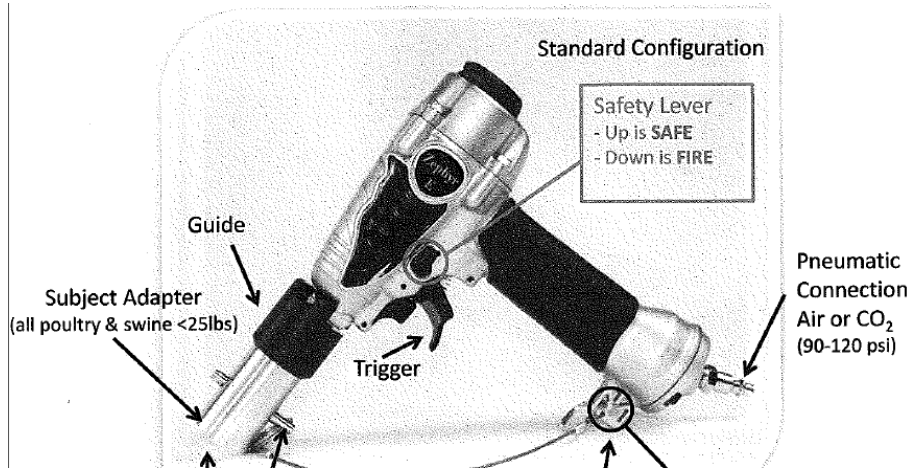
- Ontwikkelen van "best practices" voor het doden van kalkoenen op het primaire bedrijf, waaronder ook het vaststellen van de veroorzaakte hersenschade bij toepassing van beschikbare dodingsmethoden op het primaire bedrijf bij kalkoenen tot en met 5kg lichaamsgewicht.
- Nader onderzoeken van de welzijnsaspecten van doding van biggen met behulp van argon of stikstof(schuim), waaronder het testen van de optimale stroomsnelheid van de gassen.
- Onderzoeken van de mogelijkheden van gebruik van elektrocutie methoden voor biggen tot 25 kg.
- Ontwikkelen van een hygiënisch systeem (o.a. opvang- en verwerkingssysteem bij verbloeden) indien een aanvullende dodingshandeling uitgevoerd dient te worden.

Literatuur

- Berg C., Nordensten C., Hultgren J., Algers B., 2012. The effect of stun duration and level of applied current on the stun and meat quality of electrically stunned lambs under commercial conditions. *Animal Welfare* 21 (S2), 131-138
- Blackmore D.K., 1979. Non-penetrative percussion stunning of sheep and calves. *Veterinary Record* 105, 372-375.
- Blackmore D.K. and Newhook J.C., 1981. Insensibility during slaughter of pigs in comparison to other livestock. *New Zealand Veterinary Journal* 29 (12), 219-222.
- Bornez R., Linares M.B., Vergara H., 2010. Physiological responses of Manchega suckling lambs: effect of stunning with different CO₂ concentrations and exposure times. *Meat Science* 85, 319-324.
- Casey-Trott T., Millman S.T., Turner P.V., Nykamp S.G. and Widowski T.M., 2013. Effectiveness of a Non-penetrating Captive Bolt for Euthanasia of Suckling and Weaned Piglets. *J ANIM SCI* published online September 17, 2013.
- Chevillon P., Mircovich C., Dubroca S., Fleho J.Y., 2004. Comparison of different pig euthanasia methods available for farmers. In: *Proc. Intern. Soc. For Animal Hygiene- Saint Malo*, 45-46.
- Close B., Banister K., Baumans V., Erhardt W., Flecknell P., Neville G., Hackbarth H., Morton D., Warwick C., 1997. Recommendations for euthanasia of experimental animals: part 2. *Laboratory Animals* 31 (1), 1-32.
- Cranley J., 2012. Slaughtering lambs without stunning. *The Veterinary Record* 170, 267-268.
- Dalmau A., Rodriguez P., Llonch P., Verlarde A., 2010. Stunning pigs with different gas mixtures: aversion in pigs. *Animal Welfare* 19, 325-333.
- Erasmus M.A., Lawlis P., Duncan I.J.H., Widowski T.M., 2010. Using time to insensibility and estimated time to death to evaluate a nonpenetrating captive bolt, cervical dislocation, and blunt trauma for on-farm killing of turkeys. *Poultry Science* 89, 1345-1354
- Finnie J.W., Blumbergs P.C., Manavis J., Summersides G.E., Davies R.A., 2000. Evaluation of brain damage resulting from penetrating and non-penetrating captive bolt stunning using lambs. *Australian Veterinary Journal* 78 (11), 775-778.
- Gilbert K.V., Devine C.E., Hand R., Ellery S., 1984. Electrical stunning and stillness of lambs. *Meat Sciences* 11, 45-58.
- Grandin T., 2012. Auditing animal welfare and making practical improvements in beef-, pork-, and sheep-slaughter plants. *Animal welfare* 21 (S2), 29-34.
- Gerritzen, M.A., H.G.M.Reimert, V.A. Hindle, D.E.F. McKeegan, J.M.Sparrey, 2010. Welfare assessment of gas-filled foam as an agent for killing poultry. Wageningen UR Livestock Research, Report 399.
- Gerritzen Marien, Sander Lourens Henny Reimert Henk Gunnink Karen von Holleben Martin von Wenzlawowicz Merel Verhoeven Ellen Eser 2012. Emergency killing of pigs in a Carbon dioxide - Nitrogen mixture. Wageningen UR Livestock Research, Report 314.
- Hazel K.A., 2011. On farm culling- The implications of recent EU Welfare legislation. In: *Proc. 5th Turkey Science and Production Conference*, March 31st & April 1st, Macclesfield, UK.
- Hindle V.A., Mul M.F., Kasper G.J., Lambooi E., 2010. Euthanasie van wrakke dieren op het primair bedrijf. Wageningen UR Livestock Research rapport 274b.
- Hopkins J.E., McKeegan D.E.F., Sparrey J., Sandilands V., 2013.. Humane mechanical methods for killing poultry – designing four mechanical devices and testing their efficacy on cadavers. Unpublished.
- Linares M.B., Vergara H., 2012. Effect of gas stunning and modified-atmosphere packaging on the quality of meat from Spanish Manchego light lamb. *Small Ruminant Research* 108, 87-94
- Lowe, J.C., S.M. Abeyesinghe, S.M., Demmers, T.G.M., Wathes, C.M., and McKeegan, D.E.F. 2007. A novel telemetric logging system for recording physiological signals in unrestrained animals. *Computers and Electronics in Agriculture*, 57, p.74-79.
- Mason C., Spence J., Bilbe L., Hughes T., Kirkwood J., 2009. Methods for dispatching backyard poultry. *The Veterinary record* 164, 220.

-
- McKeegan, D.E.F., Reimert, H.G.M., Hindle, V.A., Boulcott, P., Sparrey, J.M., Wathes, C.M., Demmers, T.G.M., and Gerritzen, M.A., 2013. Physiological and behavioral responses of poultry exposed to gas-filled high expansion foam. *Poultry Science*, 92 (5), 1145-1154.
- Mota-Rojas D., Bolanos-Lopez D., Concepcion-Mendez M. e.a. 2012. Stunning swine with CO₂ Gas: controversies related to animal welfare. *International Journal of Pharmacology* 8 (3), 141-151.
- Raj M., Gregory N.G., 1994. An evaluation of humane gas stunning methods for turkey. *The Veterinary Record* 135, 222-223.
- Raj A.B.M., 1996. Aversive reactions of turkey to argon, carbon dioxide and mixture of carbon dioxide and argon. *The Veterinary Record* 138, 592-593.
- Raj M. and Tserveni-Gousi A., 2000. Stunning methods for poultry. *World Poultry Science* 56, 291-304.
- Raj A.B.M., Smith C., Hickman G., 2008. Novel method for killing poultry in houses with dry foam created using nitrogen. *The Veterinary Record* 162, 722-723.
- Rau A.B.M., 1999. Behaviour of pigs exposed to mixtures of gases and the time required to stun and kill them: welfare implications. *The Veterinary Record* 144, 165-168.
- Rodriguez P., Velarde A., Dalmau A., Llonch P., 2012. Assessment of unconsciousness during slaughter without stunning in lambs. *Animal Welfare* 21 (S2), 75-80.
- Velarde A., Ruiz-de-la-Torre J.L., Stub C., Diestre A., Manteca X., 2000. Factors affecting the effectiveness of head-only electrical stunning in sheep.
- Webster A.B. and Collett S.R., 2012. A mobile modified-atmosphere killing system for small-flock depopulation. *Applied Poultry Research* 21, 131-144.
- Whiting T.L., Steele G.G., Wamnes S., Green C., 2011. Evaluation of methods of rapid mass killing of segregated early weaned piglets. *Can. Vet. J* 52, 753-758.

Bijlage 1 Zephyr-E



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



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

