

rivm

Rapport 609021080/2009

P.P. Morgenstern | E. Lambooi | W.H.M. Baltussen

Integrale beoordeling verdoovingstechnieken pluimveeslachterijen



RIVM-rapport 609021080/2009

Integrale beoordeling verdovingstechnieken pluimveeslachterijen

Indicatieve beoordeling van milieu- en andere aspecten op basis van literatuurstudie

P.P. Morgenstern, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
E. Lambooij, Animal Sciences Group, Wageningen UR
W.H.M. Baltussen, Landbouw Economisch Instituut, Wageningen UR

Contact: Pepijn Morgenstern
Centrum Inspectie-, Milieu- en Gezondheidsadviesing,
Pepijn.Morgenstern@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de VROM-Inspectie

© RIVM 2009

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Integrale beoordeling verdovingstechnieken pluimveeslachterijen

Indicatieve beoordeling van milieu- en andere aspecten op basis van literatuurstudie

In veel slachterijen in Nederland wordt pluimvee verdoofd met behulp van een elektrisch waterbad. Een alternatieve methode is een verdoving in twee concentratiestappen met het gas kooldioxide. De grootste voordelen van deze techniek liggen op het gebied van dierenwelzijn en arbeidsomstandigheden. Voor andere aspecten, zoals milieu en economie, kent gasverdoving zowel voor- als nadelen. Dit blijkt uit onderzoek van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), het Landbouw Economisch Instituut (LEI) en de Animal Sciences Group van Wageningen Universiteit en Researchcentrum (WUR).

Op het gebied van dierenwelzijn is het voordeel van gasverdoving dat de dieren niet bij bewustzijn worden aangehaakt en er geen kans is op onvolledige verdoving. Het aanhaken van verdoofde in plaats van onverdoofde vogels is ook gunstig voor de arbeidsomstandigheden, zowel wat de fysieke arbeid betreft als de hoeveelheid stof. Voor het milieu is gasverdoving gunstiger, omdat ze minder watergebruik en stof- en geuroverlast veroorzaakt. Wel is het energiegebruik ervan hoger.

De gasverdovingstechniek brengt ook hogere investeringskosten en operationele kosten (energiekosten) met zich mee dan elektrisch waterbadverdoven. Daar staat tegenover dat gasverdoving minder botbreuken en bloedingen veroorzaakt waardoor een betere kwaliteit van het eindproduct ontstaat. Hierdoor kunnen voor bepaalde marktsegmenten hogere opbrengsten worden gerealiseerd. Grotere slachterijen kunnen de investeringskosten in de gasverdovingstechniek sneller terugdienen dan kleinere slachterijen. Economisch gezien zal het vervangen van het elektrisch waterbad door gasverdoving geen hogere consumentenprijzen veroorzaken.

De aanleiding voor het onderzoek is dat gasverdoving in een Europese milieurichtlijn (IPPC) is opgenomen als Best Beschikbare Techniek (BBT) om kippen te verdoven, zonder in detail te treden over de gevolgen voor het milieu van deze verdovingstechnieken. Daarom zijn, op verzoek van de VROM-Inspectie, de milieu- en andere vraagstukken van verschillende gastechnieken in de literatuur geïnventariseerd en vergeleken met die van elektrisch verdoven.

Trefwoorden:

slacht, gasverdoving, vleeskuiken, kip, pluimvee, waterbadverdoving, BREF, IPPC, BBT

Abstract

Integrated assessment of stunning techniques in poultry slaughterhouses

Literature-based indicative assessment of environmental factors and other aspects

Most poultry slaughterhouses in the Netherlands stun poultry in electric water baths. An alternative method for stunning involves the use of carbon dioxide in a two-step/concentration procedure. The primary advantages of the gas anaesthesia method are associated with improved animal welfare and working conditions. Other aspects of poultry slaughterhouses, such as those pertaining to the environment and economics, can be either positively and negatively affected by this method. These are the results of a study conducted by the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Agricultural Economics Research Institute (LEI) and the Animal Sciences Group of the Wageningen University Research Centre (WUR).

With respect to animal welfare, the advantage of gas stunning is that poultry are not restrained in shackles while conscious and there is no chance of the stunning being ineffective. The shackling of unconscious birds also has benefits in terms of working conditions, specifically in the amount of physical labour involved and the amount of dust released. Gas stunning is more favourable for the environment because it leads to the use of less water and causes fewer dust and odour problems. However, in comparison to electric stunning, gas stunning is associated with higher energy consumption.

Gas stunning is more expensive in terms of initial acquisition/installation and operational costs (energy consumption), but it does result in a higher quality product (e.g. fewer broken bones and bruising). Some segments of the market may therefore view its introduction as a positive development (i.e. higher profits). The switch to gas stunning will directly affect the competitiveness among poultry slaughterhouses, with the larger, more productive slaughterhouses ultimately having the most benefit. The replacement of electric water baths by gas stunning will not influence consumer prices.

The reason for conducting this research is that gas stunning methods have been incorporated in a European Directive (IPPC) as Best Available Technique (BAT) for stunning poultry, but there has been no in-depth study of the environmental consequences of these stunning techniques. The Ministry for Housing, Spatial Planning and the Environment Inspectorate (VROM-Inspectorate) therefore requested the RIVM to carry out a detailed survey of the environmental and other issues associated with the various gas stunning techniques, as described in the literature, and to compare these techniques with electric stunning.

Key words:

stunning, gas stunning, broilers, chicken, poultry, water bath stunning, BREF, IPPC, BAT

Inhoud

Samenvatting		9
Lijst met afkortingen		11
1	Inleiding	13
1.1	Belang van het onderzoek	13
1.2	Opdracht en onderzoeksdoelen	14
1.3	Scope van het onderzoek	14
1.4	Projectaanpak	15
1.5	Tijdpad/rapportversies	15
2	Technieken voor het verdoven (en doden) van pluimvee	17
2.1	Inleiding	17
2.2	Wetgeving	19
2.2.1	Wetgeving met betrekking tot verdovingstechnieken bij slacht	19
2.2.2	Wetgeving met betrekking tot milieu	19
2.2.3	Wetgeving met betrekking tot arbeidsomstandigheden	19
3	Elektrisch waterbad	21
3.1	Beschrijving van de techniek	21
3.1.1	Conventionele waterbadverdover	21
3.1.2	Kop-Cloaca waterbadverdover	23
3.2	Milieuaspecten	24
3.3	Externe veiligheid	25
3.4	Arboaspecten	25
3.5	Dierenwelzijnsaspecten	26
3.6	Productkwaliteit	26
3.7	Economische aspecten	26
4	Gasverdoving (CAS)	27
4.1	Beschrijving van de techniek	27
4.1.1	CO ₂ -verdovers	28
4.1.2	Argon- / Stikstof-verdovers	29
4.2	Milieuaspecten	30
4.3	Externe veiligheid	31
4.4	Arboaspecten	32
4.5	Dierenwelzijnsaspecten	32
4.6	Productkwaliteit	33
4.7	Economische aspecten	33

5	Discussie	37
6	Conclusies	41
	Dankbetuiging	43
	Literatuur	45
Bijlage 1	Additionele BBT voor de slacht van pluimvee (deel)	49
Bijlage 2	BREF: inert gas voor pluimvee verdoving (deel)	50
Bijlage 3	Inschattingen voor gas-, energie- en waterverbruik	52

Samenvatting

In Nederland worden in de pluimveeslachterijen dieren voornamelijk verdoofd met behulp van een elektrisch waterbad. Gasverdooving is in een Europese Richtlijn inzake geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging (IPPC) als Best Beschikbare Techniek (BBT) opgenomen, de richtlijn gaat echter niet in op de milieuaspecten van de verschillende gasverdoovingstechnieken. De VROM-Inspectie heeft in 2007 getoetst of pluimveeslachterijen in Nederland voldoen aan de best beschikbare technieken (zie rapport 'Vleessector van de haak gevallen' dat 8 mei 2008 aan de Tweede Kamer is aangeboden). In dat kader is het RIVM verzocht om in kaart te brengen wat de milieu- en andere aspecten van de verschillende gastechnieken zijn en deze te vergelijken met elektrisch verdoven. Het grootste deel van de geraadpleegde literatuur is specifiek gericht op vleeskuikens wat veruit het grootste deel van alle geslacht pluimvee in Nederland is. Voor expertise op gebied van economische aspecten en dierwelzijnsaspecten zijn het LEI en Animal Sciences Group van Wageningen UR bij het project betrokken.

In dit rapport worden diverse verdoovingstechnieken in de pluimveeslachterij middels een literatuurstudie in kaart gebracht. Het betreft elektrisch waterbadverdoven en gasverdoven met diverse gasmengsels (enerzijds kooldioxide in diverse concentraties en anderzijds de inerte gassen argon en stikstof). In deze studie zijn de volgende aspecten meegenomen:

- milieueffecten;
- dierenwelzijn;
- externe veiligheid;
- arbeidsomstandigheden;
- productkwaliteit;
- economische aspecten.

In zijn algemeenheid kan gasverdooving een belangrijke vooruitgang betekenen wat betreft dierenwelzijn en arbeidsomstandigheden. Voor de veiligheid van werknemers in de slachterijen en buiten het complex worden geen problemen voorzien. Gasverdooving kost meer energie dan elektrisch waterbadverdoven. Daarnaast is de techniek duurder in aanschaf en gebruik dan elektrisch verdoven. Een betere productkwaliteit die het gevolg is van deze wijze van verdoven kan op bepaalde segmenten tot waarde worden gebracht. Hierdoor kunnen de hogere investeringskosten en operationele kosten terugverdiend worden. Het terugverdienen zal voor grotere pluimveeslachterijen sneller mogelijk zijn dan voor kleinere slachterijen. Economisch gezien zal het vervangen van het elektrisch waterbad door gaverdooving niet tot hogere consumentenprijzen leiden.

Kippen voor de slacht verdoven met kooldioxide (CO₂) leidt tot minder watergebruik en stof- en geuroverlast dan bij elektrisch waterbadverdoven. De inerte gassen argon (Ar) en stikstof (N₂) zijn wat minder gunstig ten aanzien van stof- en geuroverlast dan CO₂ maar worden niet in Nederland toegepast. De kosten van Ar zijn erg hoog en er treden bloedingen en botbreuken op aan de vleugelpunten door veel spierkrampen.

Lijst met afkortingen

AC: Alternating Current = wisselstroom

Ar: argongas

BAT: Best Available Techniques

BBT: Beste Beschikbare Technieken

BREF: Bat reference document (BBT-referentiedocument)

CAS: Controlled Atmosphere Stunning

CO₂: koolstofdioxide, ook wel kooldioxide of koolzuurgas

DC: Direct Current = gelijkstroom

EC: Europese Commissie

EG: Europese Gemeenschap

EU: Europese Unie

Hz: SI-eenheid van frequentie

IPPC: Integrated Pollution Prevention and Control

kWh: eenheid van arbeid of energie

LEI: Landbouw Economisch Instituut

LNV: (Ministerie van) Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

N₂: stikstofgas

NH₃: ammoniakgas

O₂: zuurstofgas

PGS: Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen

RIVM: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

VROM: (Ministerie van) Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

VWA: Voedsel en Waren Autoriteit

Wm: Wet milieubeheer

Wvo: Wet verontreiniging oppervlaktewateren

WUR: Wageningen Universiteit en Researchcentrum

1 Inleiding

1.1 Belang van het onderzoek

In Nederland werden in 2007 naar schatting 450 miljoen stuks pluimvee geslacht. Veruit het grootste deel daarvan betrof vleeskuikens¹ (923.675 ton levend gewicht in 2007 volgens de verzorgingsbalans van de Productschappen Vee, Vlees en Eieren). Daarnaast wordt nog een kleinere hoeveelheid ander pluimvee² geslacht in Nederland (23.871 ton levend gewicht in 2007 volgens de verzorgingsbalans van de Productschappen Vee, Vlees en Eieren).

De huidige meest gebruikte verdovingsmethodiek voor kippen in Nederland met behulp van een elektrisch waterbad wordt door diverse groeperingen ter discussie gesteld (bijvoorbeeld in een uitzending van het TV programma 'Eén vandaag' eind 2006). Verdoving vindt bij een deel van de dieren niet afdoende plaats, met alle gevolgen van dien voor het dierenwelzijn. De minister van LNV heeft in 2006 kamervragen moeten beantwoorden over dit onderwerp (Veerman, 2006).

Een alternatieve methode is gasverdoving; een techniek die in een Europese Richtlijn, inzake geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging (IPPC), ook als Best Beschikbare Techniek (BBT) is opgenomen (deze worden verder uitgewerkt in BREF's, referentiedocumenten met daarin opgenomen de specifieke BBT's).

De VROM-Inspectie heeft in 2007 getoetst of de slachterijen – waaronder pluimveeslachterijen – in Nederland IPPC-proof zijn; dat wil zeggen voldoen aan de best beschikbare technieken (in de BREF). Dit onderzoek heeft geresulteerd in het rapport 'Vleessector van de haak gevallen' dat 8 mei 2008 aan de Tweede Kamer is aangeboden (VROM-Inspectie, 2007). Sectie 5.2.2 van de BREF beschrijft dat het BBT is om stroombaden – indien deze aan vervanging toe zijn – te vervangen door gasverdoving. Bij nieuwe installaties moet volgens de BREF gebruik worden gemaakt van gasverdoving. Sectie 4.2.3.2.1 van de BREF – waarin uitleg wordt gegeven over deze BBT – geeft aan dat diverse technieken van gasverdoving kunnen worden gebruikt. In de BREF wordt verder niet in detail ingegaan op de diverse milieuaspecten van de verschillende technieken³; hierdoor is helaas niet na te gaan welke data zijn gebruikt en welke afwegingen in de BREF zijn gemaakt. Daarnaast heeft de VROM-Inspectie, tijdens het onderzoek in 2007, diverse BREF-gerelateerde vragen gekregen van pluimveeslachters die overwogen om op termijn over te schakelen op gasverdoving. Het RIVM is daarom verzocht om feitelijk (en integraal) in kaart te brengen wat de milieu- en andere aspecten van de verschillende technieken zijn en deze (kwalitatief) te vergelijken met elektrisch verdoven (de meest gebruikte techniek in Nederland). Vanuit WUR zijn het LEI en de Animal Sciences Group gevraagd te participeren in de rapportage.

¹ Engels: *broilers*, het betreft kippen in de leeftijd tot 6 weken; het gemiddelde gewicht in Nederland is 2120 gram (PVE, 2008).

² Legkippen, moederdieren, eenden, parelhoenders en ganzen – in Nederland vindt geen kalkoenslacht meer plaats.

³ Desgevraagd door Jozef van Brussel van de VROM-Inspectie geeft Raj in 2007 aan geen gepubliceerde data te hebben over verschillen in afvalproductie en water- en energiegebruik bij de verschillende verdovingstechnieken. Dat is opmerkelijk aangezien Raj als enige referentie in de BREF wordt geciteerd.

Dit rapport betreft een globaal onderzoek naar de effecten die sectorbreed in Nederland worden verwacht op basis van literatuuronderzoek. De uiteindelijke gevolgen voor milieu, externe veiligheid, arbeidsomstandigheden, welzijn van de dieren et cetera, is afhankelijk van de specifieke uitvoering van een installatie en de wijze waarop deze wordt gebruikt (een voorbeeld uit de praktijk: een installatie kan prima in staat zijn het juiste voltage te leveren voor een elektrisch waterbad, maar als dit voltage te laag wordt afgesteld door de werknemer is het beoogde doel toch niet bereikt).

1.2 Opdracht en onderzoeksdoelen

In dit literatuuronderzoek worden twee verdovingsmethoden voor pluimvee beschreven en vergeleken:

- verdoving door middel van een elektrisch waterbad;
- verdoving door middel van gasverdoving (diverse mengsels).

Naast een algemene beschrijving van de techniek worden, indien mogelijk, de volgende aspecten mee genomen:

- milieu;
- dierenwelzijn;
- externe veiligheid;
- arbeidsomstandigheden (arbo);
- productkwaliteit;
- economische aspecten.

Het doel van het onderzoek is het (integraal) in kaart brengen van milieu- en andere aspecten van de verschillende gasverdovingstechnieken en deze (kwalitatief) te vergelijken met elektrisch verdoven (de meest gangbare techniek in Nederland).

1.3 Scope van het onderzoek

In Nederland bestaat het grootste deel van het gehouden en geslachte pluimvee uit kippen. Er worden geen kalkoenen geslacht en slechts een zeer beperkte hoeveelheid eenden. De meeste kippen die geslacht worden zijn de zogenaamde vleeskuikens, maar op zeer beperkte schaal worden ook andere kippen geslacht (de werkwijze van de slacht is daarbij echter niet wezenlijk anders). De slacht van andere soorten pluimvee zoals kalkoen of eend is doorgaans wel anders dan het hier beschreven proces.

De meeste geraadpleegde literatuur gaat specifiek over vleeskuikens (Engels: *broilers*), maar soms worden ook algemenere termen zoals kip (*chicken*) of pluimvee (*poultry*) gebruikt. In sommige onderzoeken zijn ook andere soorten pluimvee onderzocht zoals kalkoen, eend of gans.

In dit rapport wordt de term 'pluimvee' in algemene zin gebruikt, bijvoorbeeld als het gaat over wetgeving. In de overige stukken wanneer het specifiek over de slacht gaat wordt de term 'kippen' gebruikt. Meestal zal dat in praktijk dus vleeskuikens betreffen. Deze rapportage is primair gericht op de slacht van kippen.

Het onderzoek richt zich op het proces van aankomst van de kuikens op de slachterij tot en met slacht.

1.4 Projectaanpak

Dit onderzoek betreft een inventariserend literatuuronderzoek gericht op elektrische verdoving en gasverdoving. De resultaten worden in dit rapport gepresenteerd.

Er is erg veel geschreven over verschillende verdovings- en slachttechnieken voor pluimvee. De insteek van de publicatie is meestal het dierenwelzijn of de productkwaliteit. Milieu en economie komen vrijwel nergens aan bod. In dit onderzoek zijn waar dat kon, de milieueffecten zoveel mogelijk beschreven en gekwantificeerd. Andere aspecten zijn tevens opgenomen om een 'zo integraal mogelijke benadering' toe te staan.

1.5 Tijdpad/rapportversies

Dit onderzoek is in 2007 in de vorm van een briefrapport aan de VROM-Inspectie gerapporteerd. Na die rapportage waren er enkele interessante ontwikkelingen op het gebied van gasverdoving, namelijk de introductie van de techniek in enkele Nederlandse bedrijven en het verschijnen van een Europese studie over de economische aspecten van verdovingstechnieken. In 2008 is op initiatief van de VROM-Inspectie en het ministerie van LNV het briefrapport met diverse stakeholders⁴ besproken. De stakeholders kregen daarna de gelegenheid commentaar te leveren. Er is tevens een bezoek gebracht aan een bedrijf met een gasverdovingsinstallatie. Op grond van de additionele informatie en de input van diverse stakeholders is, in samenwerking met het LEI en Animal Sciences Group van Wageningen Universiteit en Researchcentrum (WUR), het uiteindelijke rapport uitgebracht. Daarnaast wordt er een Engelse versie van dit rapport uitgebracht zodat de studie ook in Europees verband kan worden gebruikt.

⁴ Vertegenwoordigers van: RIVM, VROM-Inspectie, ministerie van LNV, Voedsel en Waren Autoriteit, Vereniging van de Nederlandse Pluimveeverwerkende Industrie, Centrale Organisatie voor de Vleessector, Plukon Royale Group, Stork Food Systems, Stichting Natuur & Milieu, InfoMil, Dierenbescherming.

2 Technieken voor het verdoven (en doden) van pluimvee

2.1 Inleiding

In Nederland werden in 2007 naar schatting 450 miljoen stuks pluimvee geslacht. De bedrijven variëren sterk in aard en omvang. In Nederland is een capaciteitsbegrenzing vastgesteld van maximaal 9000 stuks pluimvee per uur om toezicht te kunnen garanderen. Bij één Nederlands bedrijf wordt, sinds oktober 2008, bij wijze van proef 12.000 stuks pluimvee per uur toegestaan (persoonlijk commentaar H. Welpelo, 2008). In Nederland is wettelijk vastgelegd dat dieren voor het doden door verbloeden dienen te worden verdoofd (EU, 1993; Nederland, 1997).

Gas als verdovingsmiddel wordt in Nederland sinds 2007 toegepast, in andere Europese landen (Duitsland, België, Italië, Spanje en relatief veel in Scandinavië) al eerder. Gasverdoving (met CO₂) werd september 2007 voor het eerst, op basis van ontheffing, in Nederland geïntroduceerd. In oktober 2008 is de situatie in Nederland zo dat ongeveer driekwart van de slachtkuikens verdoofd wordt met elektrische waterbaden en één kwart met behulp van gasverdoving. Een helder overzicht van de verschillende verdovingstechnieken wordt gegeven in Gerritzen en Lambooij (2007) en in een rapport opgesteld naar aanleiding van Kamervragen eind 2006 (zie Veerman, 2006).

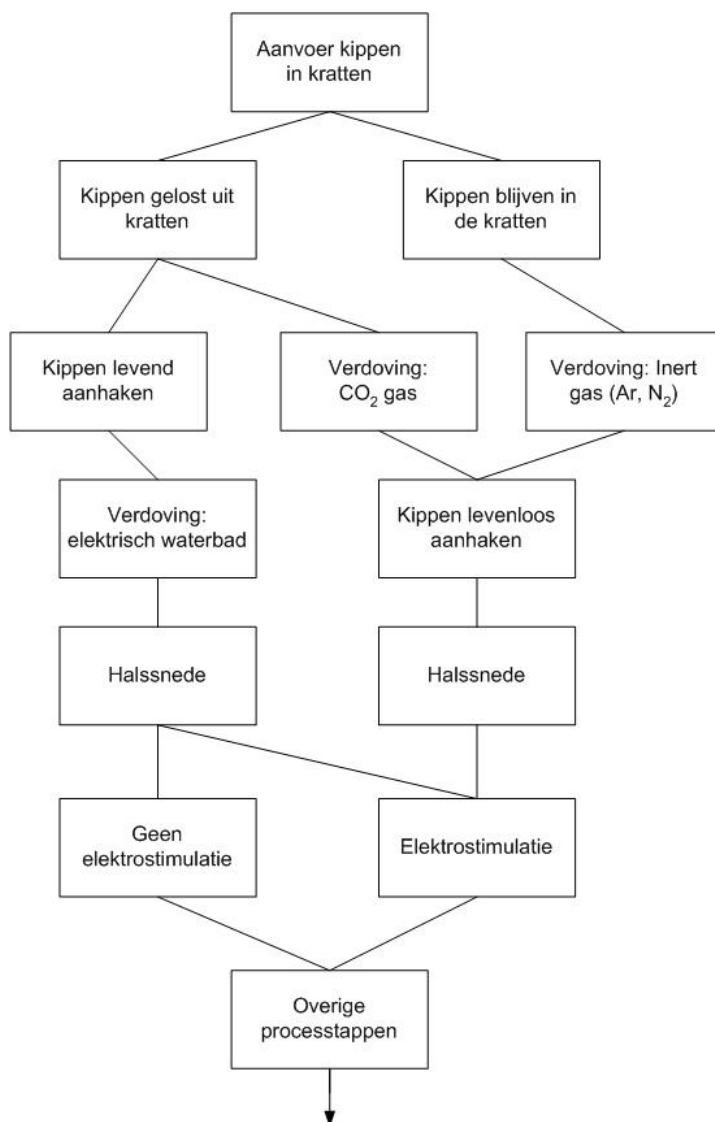
In slachterijen wordt pluimvee in het algemeen verdoofd door middel van een elektrische stroom in een waterbadverdoover of door gas of gasmengsels. Wereldwijd is er een grote variatie in de spanning, stroomsterkte, frequenties, en golfvormen (onder andere AC sinus, DC, Pulsed DC) die worden toegepast in de elektrische bedwelmers. Het gebruik van gassen of gasmengsels voor verdoven neemt wereldwijd geleidelijk toe, maar ook hierover wordt niet eenduidig gedacht. De te gebruiken gassen, gasmengsels en gasconcentraties in relatie tot dierenwelzijn en de duur tot optreden van bewusteloosheid zijn de belangrijkste discussiepunten.

Onder een adequate verdoving verstaan we een algemene staat van bewusteloosheid (anesthesie) en gevoelloosheid (analgesie) voor pijn en pijnprikkels. Fysiologisch gezien betekent dit dat de organisatie en coöperatie tussen neuronen en binnen neuronen zodanig is veranderd dat prikkels niet meer worden waargenomen. Door het maken van een hersenfilm of elektro-encefalogram (EEG) kan men deze verandering meten. Een acute verandering kan worden geïnduceerd door het opwekken van een algemeen epileptiform insult (elektrische verdoving) of door een trauma (mechanische verdoving). Een langzame of geleidelijke verandering, meestal een blokkade, kunnen we bereiken door het toedienen van chemische stoffen in gasvorm of door een vloeistofinjectie (anaesthetica).

Tijdens een epileptiform insult zijn alle delen van de hersenen sterk gestimuleerd en kunnen niet reageren. Kenmerkend op het EEG zijn een initiatieperiode met relatief kleine golven. Dit wordt gevolgd door een tonische fase met hoge amplitude en frequenties, daarna een clonische fase met hoge amplitude en lage frequenties en ten slotte een periode van sterke suppressie van het EEG (Lambooij, 1982; Lambooij en Spanjaard, 1982). In analogie met resultaten uit humaan onderzoek is algemeen aanvaard dat dieren tijdens een epileptisch insult bewusteloos zijn. Bij een trauma of na toedienen van een chemische verdoving is vooral suppressie van de hogere frequentiegebieden van het EEG, alpha (8-13 Hz) en bèta (>13 Hz) golven, kenmerkend voor bewusteloosheid (Lopez da Silva, 1983). Deze

verandering is op het EEG te zien als patroon met hoge amplitude en lage frequenties (<13 Hz). Hogere amplitude wordt geïnduceerd door verhoogde synchronisatie van de elektrische activiteit van neuronen. De verlaagde frequenties correleren met een verminderd metabolisme van de cortex en met een verstoorde regulatie van neurotransmitters.

Het gebruik van verschillende verdovingstechnieken heeft ook gevolgen voor enkele processtappen rond het verdovingsproces. In Figuur 1 is een flowschema weergegeven van de stappen rond elektrisch waterbadverdoving en gasverdoving met CO₂ en inerte gassen (Ar en N₂). Elektrisch waterbadverdoving wordt in hoofdstuk 3 nader toegelicht en CAS-verdoven in hoofdstuk 4.



Figuur 1: Flowchart van processtappen rond de verdoving.

2.2 Wetgeving

2.2.1 Wetgeving met betrekking tot verdoovingstechnieken bij slacht

Verdoven van pluimvee in een waterbad is toegestaan op grond van artikel 5 en artikel 10, eerste lid van het Besluit doden van dieren, in samenhang met bijlage C van Richtlijn 93/119/EG (EU, 1993). Gas verdoven is toegestaan voor varkens en ontbreekt in de annexes van de Directive en besluit doden van dieren. Gas verdoven kan door het VWA worden toegestaan voor toepassing in een bepaald slachthuis op aanvraag. In de toestemmingsbrief zijn de concentraties van de verschillende gassen vastgelegd. Tot nu toe is er alleen voor het 2-fasen systeem (CO₂/O₂) toestemming verleend, omdat er geen belangstelling is voor gasverdooving met Ar in Nederland.

2.2.2 Wetgeving met betrekking tot milieu

De IPPC-richtlijn (EU, 1996) verplicht de lidstaten van de EU om grote milieuvervuilende bedrijven te reguleren middels een integrale vergunning gebaseerd op de Beste Beschikbare Technieken (BBT). In Nederland is de richtlijn in de Wet milieubeheer (Wm) en in de Wet verontreiniging oppervlaktewateren (Wvo) geïmplementeerd. Deze BBT's zijn vervat in de Europese BBT-referentiedocumenten; de zogenaamde BREF's. Een BREF voor slachthuizen noemt gasverdooving als Beste Beschikbare Techniek (EC, 2005). Zie Bijlage 1 en 2 voor relevante delen uit BBT-slachthuizen en relevante BREF. Sectie 5.2.2. van de BREF beschrijft dat het BBT is om stroombaden – indien deze aan vervanging toe zijn – te vervangen door gasverdooving. Bij nieuwe installaties moet volgens de BREF van gasverdooving gebruik worden gemaakt. Sectie 4.2.3.2.1. van deze BREF – waarin uitleg wordt gegeven aan deze BBT – geeft aan dat diverse technieken van gasverdooving kunnen worden gebruikt.

2.2.3 Wetgeving met betrekking tot arbeidsomstandigheden

Regelgeving met betrekking tot arbeidsomstandigheden opgenomen in de 'Wet van 18 maart 1999, houdende bepalingen ter verbetering van de arbeidsomstandigheden (Arbeidsomstandighedenwet 1998)' en het 'besluit van 15 januari 1997, houdende regels in het belang van de veiligheid, de gezondheid en het welzijn in verband met de arbeid (Arbeidsomstandighedenbesluit)'. Uit de wet en het besluit vloeien verplichtingen voort voor de werkgever om risico's te inventariseren. Wat betreft het werken met gevaarlijke stoffen dient blootstelling te worden voorkomen. Daarvoor kunnen allerlei maatregelen worden getroffen.

3 Elektrisch waterbad

3.1 Beschrijving van de techniek

Bij elektrisch verdoven worden dieren in een stroomkring opgenomen. Door op een stroomkring spanning te zetten, gaat er een stroom lopen die zich verdeelt over de verschillende circuits van de stroomkring. Bij een constante spanning is de stroomsterkte op verschillende plaatsen in de stroomkring afhankelijk van de weerstanden in de verschillende circuits (wet van Kirchoff); een kleine weerstand laat een grote stroomsterkte door en een grote weerstand een kleine stroomsterkte ($V=IxR$). Bij elektrische verdoving spelen de volgende begrippen een centrale rol:

- spanning (Volt)
- stroomsterkte (Amp)
- weerstand (Ohm)
- golfvorm (AC, DC, pulsed)
- frequentie

Bij lichaamsdoorstroming gaat een groot deel van de stroom door de spieren. Stimulatie van de spieren vindt het sterkst plaats bij frequenties tussen 30 en 50 Hz. Het toepassen van hogere frequenties stimuleert de spieren minder tot contracties waardoor de kans op bloedingen vermindert. Het toepassen van hogere frequenties bij verdoven vindt daarom plaats vanwege kwaliteit van het eindproduct en niet vanwege het dierenwelzijn.

De vogels komen aan in kratten en worden handmatig aan de poten opgehangen aan slachthaken. In deze ruimte wordt met blauw licht gewerkt omdat dit een kalmerend effect heeft op de dieren. De transportband, met daaraan de vogels die op de kop hangen, transporteert in Nederland tot zo'n 150 vogels per minuut. Zie Figuur 2 en 3.

3.1.1 Conventionele waterbadverdover

Een waterbadverdover bestaat uit een smalle, in hoogte verstelbare polyester waterbak waar meerdere dieren gelijktijdig doorheen worden gevoerd. Pluimvee hangt men voor de verdover aan slachthaken en voert men in-line door het waterbad. De dieren worden tot aan de basis van de vleugels ondergedompeld in het water. Over de hele lengte van het waterbad is een metalen elektrode als positieve elektrode geplaatst. De slachthaak is verbonden met de aarde en fungeert als negatieve elektrode.

Op het waterbad staat een continue spanning of een constante stroomsterkte, zodat er direct vanaf contact tussen water en dier een elektrische stroom door het dier zal lopen (Bilgili, 1999). De weerstand in de stroomkring wordt bepaald door de weerstand van de dieren en door de weerstand van de slachthaken. Beide weerstanden zijn variabel: de dieren door verschil in lichaamsmassa, de slachthaken door een vervuiling en verder door een verschillend contact tussen haak en poten van dieren. Door de variatie in weerstand van de dieren gaat er een variabele stroomsterkte door de dieren. Deze variatie heeft tot gevolg dat sommige dieren niet voldoende worden verdoofd en dat andere dieren een overmatige hoeveelheid stroom krijgen toegediend. Gevolgen zijn aan de ene kant dierenwelzijnproblemen en aan de andere kant productkwaliteitsproblemen zoals spierbloedingen, gebroken vleugels en sleutelbenen.



Figuur 2: De kippen worden na het lossen aangehaakt en worden vervolgens door het elektrisch waterbad geleid. Het lossen en aanhaken gebeurt onder blauw licht omdat de kippen daarin niet kunnen zien. Foto gebruikt met permissie van Stork BV.



Figuur 3: Andere (hoog-frequentie) uitvoering van een elektrisch waterbadverdoover. Foto gebruikt met permissie van Stork BV.

Er bestaat grote variatie in toegepaste stroomsterkte, spanningsverschil en frequentie. Meestal wordt gebruikgemaakt van een hoogfrequente puls-AC (wisselstroom). Voor een kip wordt voor een goede verdoving een minimum stroomsterkte van 105 mA en minimumfrequentie van 50 Hz geadviseerd. Voor andere vogels geldt een hogere stroomsterkte. Het gebruik van lage frequenties (50-200 Hz) heeft voor de meeste vogels een acute hartstilstand tot gevolg, maar geeft meer botbreuken en bloeditstortingen dan hogere frequenties.

Volgens Raj (1998) neemt de kans op bloedingen en botbreuken bij kippen toe bij een stroomsterkte groter dan 105 mA bij een conventionele laagfrequentieverdover (50 Hz Ac). Hij stelt dat een praktisch probleem van de conventionele elektrisch waterbadverdovers is dat de elektrische impedantie varieert per vogel. De stroomsterkte (ampère) door iedere individuele vogel is afhankelijk van het voltage en de specifieke weerstand van iedere individuele vogel (gewicht, hoeveelheid vet, hoeveelheid veren, hoeveelheid 'aanhangend vuil', hersenweerstand, pootgrootte, et cetera) en contact van de vogel met de slachthaak. Het is bijna onmogelijk om iedere vogel voldoende te verdoven vanwege de variatie in de vogels enerzijds en het belang om vooral niet te 'overdosen' anderzijds.

Dierenwelzijn en productkwaliteit verenigen zich hierdoor slecht: lage stroomsterkte, hoge frequenties en puls-DC (gelijkstroom) hebben een negatief effect op het dierenwelzijn (slechtere verdoving) maar doordat minder spierstimulatie plaatsvindt (met botbreuk en bloedingen als gevolg) heeft het een positief effect op de productkwaliteit. Door de variatie tussen de vogels is het proces lastig beheersbaar.

3.1.2 Kop-Cloaca waterbadverdover

De elektrische weerstand van dieren wordt met name bepaald door de huid. Om deze weerstand te overbruggen is een relatief hoge stroomsterkte nodig (zie conventionele waterbadverdover), wat gepaard gaat met spierkrampen en daardoor bloedingen en botbreuken. Door stroom toe te dienen via de cloaca naar de kop wordt de elektrische weerstand van de stroomkring sterk gereduceerd. Aannemelijk bij deze methode is dat door de lagere stroomsterkte minder spierkrampen optreden en dus minder kwaliteitdefecten zullen ontstaan. Doordat de stroom effectiever naar de hersenen gaat, zal er wel een effectieve verdoving worden gerealiseerd.

Uit de pilot proef (Lambooy et al., 2008) bleek dat de kuikens reageerden op het inbrengen van de cloaca-elektrode door de kringspier samen te trekken, maar niet op het plaatsen van een elektrode op de cloaca. Vleeskuikens kunnen binnen 1 seconde effectief worden verdoofd met een stroomsterkte van 111 mA (ongeveer 50 V; 640 Hz; AC) in een kop-cloaca verdover, waarbij het dier in een haak hangt en de kop in water wordt gedompeld. Een elektrode wordt in of op de cloaca geplaatst en de andere elektrode is het water. Na de verdoving komt het vleeskuiken niet meer bij bewustzijn omdat een hartfibrillatie wordt opgewekt, die aanhoudt tot alle hartactiviteit is gestopt. De bloedingen in de spieren konden worden verminderd tot een zeer laag niveau. Momenteel worden er prototypen gemaakt om in de praktijk te testen

3.2 Milieuaspecten

Derden et al. (2003) beschrijft globaal de procesvoering in slachthuizen en de potentiële milieugevolgen in de verschillende stadia van het proces. Daarbij worden grofweg vijf onderwerpen onderscheiden (nr's 1-5). Daar wordt een zesde aan toegevoegd, te weten: duurzaamheid (nr 6). De milieuaspecten worden in deze paragraaf betrokken op het slachtproces, inclusief elektrisch waterbadverdoven.

1. Stof- en geurhinder gedurende verschillende stadia van het proces

De meeste stofhinder vindt plaats aan het begin van het proces, namelijk bij het lossen van de vogels en (bij elektrisch waterbadverdoven) bij het aanhaken van de vogels aan de slachthaken die ze naar de verdovingsunit transporteren. Daarnaast vindt stofhinder plaats aan de lopende band, op weg naar de verdovingsunit, doordat de vogels zeer levendig kunnen zijn en veel met de vleugels klapperen. Ten slotte vindt ook na de verdoving stofhinder plaats doordat een deel van de vogels niet goed is verdoofd en klappert met de vleugels. Geurhinder hangt voor een deel samen met stofhinder. Daarnaast zorgen de vrijgekomen afvalstromen voor geurhinder.

2. Gebruik van energie tijdens het proces

Tijdens het gehele slachtproces wordt energie gebruikt. Het belangrijkste deel van energiegebruik is toe te schrijven aan koel- en vriesinstallaties (SenterNovem, 2005). Het grootste deel van de rest van het energiegebruik is gerelateerd aan de procesvoering (lopende banden, slachtproces, et cetera). De gebruikte energie voor het elektrisch waterbad is relatief gezien erg laag. Een globaal inzicht in de mate van energiegebruik van de diverse verdovingstechnieken alsmede hun relatie tot het energiegebruik van de overige onderdelen van het slachtproces werden verkregen middels persoonlijk commentaar van S. Barbut en P. Stals en InfoMil, 1996 (de informatie is in dit rapport opgenomen in Bijlage 3). Het vermogen van een elektrisch waterbad ligt op basis van die bronnen tussen de 0,5 kW en 1,5 kW. Het totale aanwezige vermogen voor de procesvoering (dus exclusief meer op personeel gerichte zaken als verlichting en verwarming) wordt geschat op 600 kW. Het energiegebruik van een elektrisch waterbad is dus slechts een zeer klein deel van het totale energiegebruik voor de procesvoering.

Schoonmaakactiviteiten behoeven ook een (zij het relatieve lage) hoeveelheid energie (schoonmaken van de waterbadinstallatie kost ongeveer 15 minuten).

3. Vrijkomen van onbruikbare afvalstromen (of laagwaardige toepassingen) zoals bloed, veren, mest, ingewanden, poten

Tijdens het hele proces komen afvalstromen of producten met laagwaardige toepassingen vrij. Bij het elektrisch waterbad betreft het voornamelijk bloed en feces. Deze afvalstromen zijn de voornaamste oorzaak voor geuremissies met betrekking tot dit onderdeel van het slachtproces. Daarnaast is er het slachtafval in de vorm van het karkas na verwijdering van filets en dergelijke. Barbut (persoonlijk commentaar, zie Bijlage 3) noemt een productverlies van 0,2% van het levend gewicht van de vogel als gevolg van botbreuken en bloedingen die veroorzaakt worden door de verdoving met elektrisch waterbad. In Nederland vinden (vrijwel) alle stromen een weg naar een afzetmarkt (inclusief bloed, veren, karkassen, et cetera). Te denken valt aan producten als bloedmeel en separatorvles en slachtafval dat wordt verwerkt tot nertsenvoer. Deze producten hebben ook nog een lage positieve opbrengstprijis.

4. Gebruik van water voor wassen, spoelen en schoonmaakactiviteiten en de daarmee gepaard gaande afvalstroom

Barbut (persoonlijk commentaar, zie Bijlage 3) noemt een gemiddeld watergebruik van 1,5 m³/uur voor een elektrisch waterbad. Daarnaast wordt voor het schoonmaken van de verdovingsunit een kleine hoeveelheid water gebruikt. Uit Derden et al. (2003) blijkt dat de hoeveelheid water voor de onderdelen

verdoven en kelen slechts een zeer klein deel (0,6%) van het totale waterverbruik is (het meeste water wordt gebruikt voor schoonmaakactiviteiten (32%) en koelen en vriezen (26%) en verwijderen organen / verdelen van karkassen (15%).

5. Gebruik van koeling op diverse punten in het proces met het daaraan gekoppelde energiegebruik en potentiële risico van vrijkomende koelvloeistoffen (onder meer NH₃)

Koeling is pas verderop in het proces aan de orde, maar de manier van verdoven kan van invloed zijn op de besterving van het vlees en de daardoor benodigde koelcapaciteit. Elektrisch verdoven kan door de opgewekte spiercontracties een gunstig effect hebben op de tijd die nodig is voor besterving. In Nederland wordt in de praktijk ook bij elektrisch waterbadverdoving nog additionele electrostimulatie toegepast (zie tevens Figuur 1, hoofdstuk 2).

6. Duurzaamheid

In dit rapport wordt duurzaamheid gekoppeld aan de productopbrengst gedefinieerd als: ‘met behulp van de beschikbare grondstoffen zo efficiënt mogelijk produceren’. Hierdoor worden tevens milieuaspecten uit een eerder deel van de keten (de productie van kip) meegenomen die in dit rapport (dat zich richt op de verdoving voor de slacht) niet meer apart worden behandeld. In Bijlage 3 deel 5 zijn kengetallen opgenomen voor energiegebruik en CO₂ uitstoot per kg geproduceerd kippenvlees.

De milieuaspecten van elektrisch verdoven worden in hoofdstuk 5 vergeleken met de milieuaspecten van gasverdoven.

3.3 Externe veiligheid

Er zijn geen veiligheidsrisico's buiten de inrichting wat betreft een elektrisch waterbad.

3.4 Arboaspecten

Een groot deel van het verdovings-, dodings- en slachttraject gebeurt automatisch. Het overladen van de vogels uit de vervoerskisten, waarbij de vogels met de poten aan haken worden gebracht, gebeurt handmatig. Het zwaarste werk bestaat uit het aanhangen van de vogels aan de haken. Levende en tegenwerkende, twee tot drie kilo zware vogels moeten dan van buikhoogte van de werknemer naar schouderhoogte worden getild. Werknemers kunnen RSI (repetitive strain injury)-klachten krijgen. Bij het proces van uitladen en ophangen van de ‘levendige’ vogels aan haken komt veel stof vrij. De vleugelklapperende vogels aan de haken veroorzaken stofoverlast voor de werknemers. De werknemers dragen daarom stofkapjes. Als de vogels zijn aangehangen gaat het verdere proces automatisch, maar er is wel een werknemer die toezicht houdt op het verdovingsproces en eventueel handmatig een keelsnede toebrengt bij onvolledige verdoving. De productkwaliteit (botbreuken en dergelijke) is ook van invloed op arbeidsaspecten in andere stappen van het slachtproces; meer schade kost meer arbeid.

3.5 Dierenwelzijnsaspecten

Elektrische verdoving door middel van een waterbad kan in de huidige praktijk zeer stressvol zijn voor kippen en er zijn diverse welzijnsaspecten van belang. Enerzijds zijn de stroomtoediening en de ophanging aan de slachthaken⁵ soms zeer pijnlijk en anderzijds is de verdoving niet altijd effectief. Pijn door stroomtoediening doet zich bijvoorbeeld voor bij een zogenaamde preverdoovingsschok. Dit is een schok toegediend vóór de eigenlijke verdovingsschok en kan komen doordat de vleugels het waterbad al aanraken voordat de kop van de vogel in het bad terecht komt, of als water dat onder stroom staat het bad uitstroomt, of de vogels tegen elkaar aankomen. Door het optrekken van de kop is er een kans dat het verdoevingsbad wordt 'overgevlogen' en de vogel dus helemaal niet verdoofd raakt (HSA no. 16, 2006).

Er wordt niet altijd effectief verdoofd door de variatie in stroomweerstand bij de vogels en te lage stroomsterkte in combinatie met hoge frequentie, puls-DC. Dit wordt mede veroorzaakt door tegenstrijdige belangen op gebied van productkwaliteit en effectieve verdoving. Eén bron (Resource, 2006) noemt zelfs een percentage van 10% onverdoofde dieren bij een spanning van 100 Volt (overeenkomstig de wettelijke norm). Een enkele vogel ontwijkt geheel of gedeeltelijk het verbloedingsmes waardoor ze levend in de broeibak terechtkomen en verdrinken in water van 50 °C, indien ze niet handmatig worden aangesneden door een controleur (Raj, 1998). Een controleur behoort aanwezig te zijn om indien nodig het aansnijden te corrigeren.

3.6 Productkwaliteit

Een commercieel nadeel van conventionele elektrisch waterbadverdoving is dat bij te grote stroomsterkte bloedingen in borst- en pootspieren ontstaan en gebroken botten in het karkas. Raj (1998) stelt dat de kans op dergelijke bloedingen en botbreuken bij kippen toeneemt bij een stroomsterkte groter dan 105 mA bij een conventionele laagfrequentieverdover (50 Hz Ac). Deze bloedingen zijn zichtbaar als roodbruine stipjes op bijvoorbeeld kipfilet en worden uit esthetisch oogpunt onwenselijk geacht. Om dit te vermijden wordt de stroomsterkte bij voorkeur niet te hoog afgesteld of worden andere aanpassingen gedaan (bijvoorbeeld het toepassen van hoge frequentie en puls-DC waardoor minder spierstimulatie plaatsvindt), met mogelijke dierenwelzijnsproblemen van dien (zie paragraaf 3.1.6.).

3.7 Economische aspecten

Een elektrisch waterbad is een relatief goedkoop apparaat. De bedrijfskosten zijn ook relatief laag. Economische aspecten zijn ook gerelateerd aan de productkwaliteit en de afzetmarkt. Zie ook paragraaf 4.1.7 voor een vergelijking tussen elektrisch waterbadverdoven en CAS-verdoven.

⁵ De vogel wordt op de kop aan de poten aan een haak opgehangen, daarbij kunnen beschadigingen aan de poten optreden die pijnlijk kunnen zijn.

4 Gasverdooving (CAS)

4.1 Beschrijving van de techniek

Verschillende gasmengsels en gasmethoden zijn onderzocht en ontwikkeld om te komen tot een aanvaardbaar alternatief voor waterbadverdooven. De belangrijkste gassen of mengsels van gassen die voor verdooven van pluimvee worden gebruikt zijn kooldioxide (CO_2), argon (Ar) of stikstof (N). Er zijn twee systemen die in de praktijk worden gebruikt. De kip wordt in een container door de gaskamer (met $\text{Ar}/\text{N}_2 + \text{CO}_2$) gestuurd of uit de containers op een lopende band gebracht en door verschillende kamers (met $\text{CO}_2/\text{N}_2/\text{O}_2$ -mengsel) geleid. Gasverdooving wordt ook wel Controlled-Atmosphere Stunning (CAS) genoemd. In Nederland wordt één systeem gebruikt en wel het 2-fasen systeem (met CO_2/O_2). Het andere systeem met gebruik van het Ar mengsel wordt in één of twee slachthuizen in het Verenigd Koninkrijk gebruikt.

Koolstofdioxide (CO_2) is relatief goedkoop, zwaarder dan lucht (daardoor makkelijk 'te houden') en enigszins anesthetisch. Argon is een inert gas zonder kleur, smaak of geur, dat zwaarder is dan lucht. Stikstof heeft dezelfde eigenschappen als argon, alleen is het iets lichter dan lucht, waardoor het 'minder handelbaar' is in hoge concentraties (HSA no. 14, 2006).

CO_2 -verdooving heeft een vertragend effect op het intreden van de rigor mortis na doding en het daaraan gekoppelde rijpingsproces, terwijl argon juist een versnellend effect heeft (EC, 1998). Bij CO_2 neemt de rijpingsperiode toe, waardoor in theorie een langere koeltijd nodig is. In de praktijk in Nederland lijken de minieme verschillen in besterfsnelheid niet relevant. In een deel van de slachterijen heeft het vlees tijd genoeg om aan het bot te besterven (met name als het delen van het karkas niet op de slachtlocatie plaatsvindt). In slachterijen waarbij wel direct na het doden en plukken het karkas wordt gedeeld dient ongeacht de verdoovingsmethode een techniek te worden toegepast om de besterving te versnellen (zoals elektrostimulatie).



Figuur 3: CAS-installatie met CO_2/O_2 in twee stappen. De kippen worden eerst in het bovenste deel met lage CO_2 -concentratie (20% tot 40%) verdoofd en in het onderste deel met een hoge CO_2 -concentratie (60% tot 80%) irreversibel verdoofd. Foto gebruikt met permissie van Stork BV.



Figuur 4: De kippen komen levenloos uit de installatie en worden daarna pas aangehaakt. Dit gebeurt bij normaal wit licht. Omdat de kippen niet met de vleugels flapperen is het aanhaken relatief stofvrij. Foto gebruikt met permissie van Stork BV.

4.1.1 CO₂-verdovers

Tijdens inademen van hoge CO₂-concentraties stijgt het CO₂-gehalte (pCO₂) in het bloed en daalt de zuurstof (O₂) spanning (pO₂) en dus de zuurstofverzadiging. Door de stijgende pCO₂ daalt de pH van het bloed en de pH van de hersenvloeistof (Martoft et al., 2003; Gerritzen et al., 2006). De normale pH van hersenvloeistof is 7,4. Als de pH daalt tot circa 7,0 zal een staat van analgesie en anesthesie intreden (Eisele et al., 1967; Kohler et al., 1999). De pCO₂ stimuleert de ademhaling waardoor in een met CO₂-gevulde omgeving meer CO₂ wordt ingeademd dan uitgewassen. Gevolg is dat de CO₂-concentratie in het bloed steeds verder stijgt, de pH daalt, het zuurstofpercentage in bloed, hersenen en de rest van het lichaam verder daalt tot de dood intreedt. Voor verschillende diersoorten is gebleken dat bij 17-20% CO₂ in de inademinglucht bewusteloosheid intreedt (Danneman et al., 1997; Forslid et al., 1986, Forslid, 1987; Gerritzen et al., 2004, 2006). Om de dieren te doden binnen een afzienbare tijd (enkele minuten) is echter een hoge concentratie CO₂ nodig. Het inademen van hoge CO₂-concentraties is echter stressvol door het induceren van benauwdheid en is bovendien pijnlijk (Coenen et al., 1995; Hari, 1997; Raj en Gregory, 1994). De nadelige effecten van CO₂ kunnen door het toevoegen van O₂ sterk worden verminderd, maar dit vertraagt de inductie van bewusteloosheid (Coenen et al., 1995; Lambooij et al., 1999, Gerritzen et al., 2000). Om de nadelige effecten van hoge CO₂-concentraties op te vangen, is een systeem ontwikkeld waarbij dieren eerst in een fase met lage CO₂-concentratie komen waar ze het bewustzijn verliezen en vervolgens in een fase met een hoge CO₂-concentratie om de bewusteloze dieren te doden (www.Yara.com; www.storkpmt.com; Lambooij et al., 1999; Hoën en Lankhaar, 1999; Gerritzen et al., 2000). Bij een dergelijk twee-fasensysteem is de stress voorafgaande aan bewusteloosheid aanzienlijk lager dan wanneer dieren direct in een hoge CO₂-concentratie komen.

De dieren worden bij dit systeem uit de kratten op een lopende band gebracht en niet gehanteerd voor verdoven. De dieren gaan op de lopende band de verdovingstunnel in. De stress die wordt veroorzaakt door hanteren en levend aanhangen is bij deze procedure dus afwezig. Een belangrijk voordeel van

CO₂-verdoven naast dierenwelzijn is een verbetering van de vleeskwaliteit doordat bloedingen en breuken als gevolg van verdoven niet optreden.

Uit de praktijk

De firma Stork heeft een methodiek ontwikkeld voor CO₂-verdoving:

(<http://www.storkpmt.com/page.html?ch=DEF&id=557>, geraadpleegd: oktober 2008).

Deze komt overeen met EC (1998) methode 4. Een mengsel met maximaal 40% CO₂ (bandbreedte 20%-40%) wordt met zuurstof (28%) verrijkt en met lucht gemengd. De kippen krijgen dit mengsel gedurende 1 minuut toegediend. In die tijd zijn de vogels verdoofd en buiten bewustzijn (dit is reversibel). Vervolgens komen de kippen gedurende 2 minuten in een 60% tot 80% CO₂/luchtmengsel terecht. Gedurende dat proces vindt irreversibele verdoving plaats. De vogels gaan onder zware verdoving (ze kunnen niet meer bijkomen en zullen ongeacht de verdere procedure sterven) naar de halssnijmachine⁶. CO₂ is zwaarder dan lucht. Het einde van de machine loopt omhoog. Hierdoor blijft de CO₂ grotendeels in de machine achter. Er komt slechts een kleine hoeveelheid CO₂ met de kippen mee (tussen de veren). Dit wordt uit arbotechnische overwegingen afgezogen met een speciaal soort stofzuigers als de vogels uit de machine komen. Er is tevens CO₂-detectieapparatuur geïnstalleerd. De firma Stork heeft dit proces gecombineerd met elektrostimulatie en een bestervingskoeling van 2 uur, waardoor het bestervingsproces kan worden verkort. (persoonlijke mededeling, P. Stals, Stork). Aanvoer van CO₂ geschiedt door tankwagens. In Nederland kan onder meer Yara CO₂ leveren, speciaal voor verdoving van pluimvee:

(http://www.yara.com/en/products/gas_chemicals/applications/stunning_poultry_mac.html

(geraadpleegd: oktober 2008)

CO₂-gas wordt in Nederland soms hergebruikt uit andere industriële processen (hergebruik vindt bijvoorbeeld in de kassenteelt plaats).

4.1.2 Argon- / Stikstof-verdovers

Verdoven / doden van dieren met inerte gassen zoals argon of stikstof is gebaseerd op het principe van zuurstofverdringing. Inerte gassen zijn reukloos en niet irriterend en daarom zou de inductie van bewusteloosheid in deze gassen niet tot stress of aversie bij de dieren leiden (Raj en Gregory, 1991; Wooley en Gentle, 1988; Raj en Tserveni-Gousi, 2000). Bij het gebruik van inerte gassen voor verdoven is het noodzakelijk om minder dan 2% residueel O₂ in het gasmengsel te hebben. Bij te hoge O₂-concentraties duurt het lang tot dat de dieren volledig bewusteloos zijn. De inductie van bewusteloosheid met deze gassen of gasmengsels gaat echter gepaard met ernstig vleugelklappen en clonische en tonische convulsies. Omdat deze convulsies bij bewustzijn en na bewustzijnsverlies optreden (Ernsting, 1965; Raj et al., 1991; Mc Keegan et al., 2008), is er discussie over het dierenwelzijn. Ernstig vleugelklappen in de verdover kan wel leiden tot gebroken vleugels met bloedingen wat negatief is voor de productkwaliteit. In praktijk wordt 80% N₂ met 20% Ar of 20% CO₂ toegepast (Anglia Autoflow www.aaflo.com). In dit systeem worden de kratten met de dieren op een lopende band in twee minuten door de gastunnel gestuurd. Na de verdoving worden de dieren uit de krat gehaald, aan de slachthaken gehangen en vervolgens verbloed.

Argon is in Nederland moeilijk verkrijgbaar en zal uit bijvoorbeeld het Verenigd Koninkrijk moeten worden getransporteerd en ingevoerd; Ar is daardoor relatief duur.

⁶ Bij de systemen die Lamboij (persoonlijke mededeling) heeft gezien zijn de vogels reeds dood bij ophanging.

4.2 Milieuaspecten

Derden et al. (2003) beschrijven globaal de procesvoering in slachthuizen en de potentiële milieugevolgen in de verschillende stadia van het proces. Daarbij worden grofweg vijf onderwerpen onderscheiden (nr's 1-5). Daar worden een zesde en een zevende aan toegevoegd, te weten: duurzaamheid (nr 6) en broeikasgas (nr 7). De milieuaspecten worden in deze paragraaf betrokken op het slachtproces, inclusief CAS-verdoven.

1. Stof- en geurhinder gedurende verschillende stadia van het proces

Stofhinder vindt plaats bij het lossen van de vogels. De vogels worden direct op een lopende band richting verdoovingsunit gelost. Het aanhaken van de vogels gebeurt bij een CAS-systeem buiten bewustzijn, daar vindt dus geen stofhinder meer plaats. Wel vindt bij de verdoving zelf stofhinder plaats bij gebruik van Ar of N₂, door vleugelklappen. Bij CO₂ vindt geen vleugelklappen plaats. CO₂ is dus het gunstig wat betreft stofvorming.

2. Gebruik van energie tijdens het proces

Een gasverdoovingsunit bestaat uit een tientallen (30-40) meters lange lopende band in een metalen behuizing waaraan diverse randapparatuur is gekoppeld (zoals controleapparatuur voor gasdetectie en een stofzuiger die overtollig CO₂-gas wegzuigt en mogelijk additionele technieken⁷). Het vermogen van een dergelijke installatie wordt ingeschat tussen 13 kW en 16 kW (persoonlijk commentaar Barbut en Stals, zie Bijlage 3) met de daarmee gepaard gaande energieconsumptie. Het totale aanwezige vermogen voor de procesvoering (dus exclusief meer op personeel gerichte zaken als verlichting en verwarming) wordt geschat op 600 kW. Het energiegebruik van een CAS-installatie is dus slechts een klein deel van het totale energiegebruik voor de procesvoering. Het schoonmaken van de installatie kost energie (er is ongeveer twee uur nodig om de installatie schoon te maken). Koeling kost relatief veel energie in een slachtproces en wordt als apart (laatste) punt besproken.

3. Vrijkomen van onbruikbare afvalstromen (of laagwaardige toepassingen) zoals bloed, veren, mest, ingewanden, poten

Onbruikbare afvalstromen (of stromen met een laagwaardige toepassing) komen tijdens het hele slachtproces vrij. Bij de gasverdoovingsunit betreft het voornamelijk feces. Deze afvalstroom is de voornaamste oorzaak voor geuremissie bij de gasverdoving. Bij CO₂-verdoving wordt door Barbut (persoonlijk commentaar, zie Bijlage 3) een productverlies van 0,06% van het levende gewicht genoemd en voor Ar/N₂-verdoving 0,27% van het levende gewicht (voor elektrisch waterbadverdoven noemt Barbut 0,2% productverlies). Bij CO₂-verdoving komt dus het minste slachtafval vrij. De verbloeding van dode dieren (de meeste dieren zijn na gasverdoving dood) gaat langzamer dan bij verdoofde nog levende dieren. Daardoor vindt verbloeding bij gasverdoving meestal over een relatief lang traject plaats. In Nederland vinden (vrijwel) alle stromen een weg naar een afzetmarkt (inclusief bloed, veren, karkassen et cetera). Te denken valt aan producten als bloedmeel en separatorvlees en slachtafval dat wordt verwerkt tot nertsenvoer. Deze producten hebben ook nog een lage positieve opbrengstprijzen.

4. Gebruik van water voor wassen, spoelen en schoonmaakactiviteiten en de daarmee gepaard gaande afvalstroom

Er wordt water gebruikt als proceswater (persoonlijk commentaar Barbut: 0,25 m³/uur) en voor het schoonmaken van de verdoovingsunit (kost ongeveer twee uur).

⁷ Zoals elektrostimulatie om besterving te versnellen.

5. Gebruik van koeling op diverse punten in het proces met het daaraan gekoppelde energiegebruik en potentiële risico van vrijkomende koelvloeistoffen (onder meer NH₃)

Het grootste deel van de koeling vindt aan het einde van het proces plaats bij de besterving. Een snelle besterving kan theoretisch gunstig zijn voor de benodigde hoeveelheid koelcapaciteit. In Nederland lijkt dit echter niet relevant omdat de bestersnelheid niet limiterend is of omdat er sowieso additionele technieken worden toegepast zoals elektrostimulatie. In andere landen kan dat wel een rol spelen; Ar en N₂ hebben een gunstig effect op de tijd nodig voor besterving en bij CO₂ is dat niet het geval.

De gebruikte gasen worden in vloeibare vorm (gecomprimeerd) aangevoerd. Het comprimeren van CO₂ kost minder energie dan het comprimeren van Ar of N₂ en is in dat opzicht milieuvriendelijker (zij het marginaal).

6. Duurzaamheid

In dit rapport wordt duurzaamheid gekoppeld aan de productopbrengst gedefinieerd als: ‘met behulp van de beschikbare grondstoffen zo efficiënt mogelijk produceren’. Hierdoor worden tevens milieuaspecten uit een eerder deel van de keten (de productie van kip) meegenomen die in dit rapport (dat zich richt op de verdoving voor de slacht) niet meer apart worden behandeld. In Bijlage 3 deel 5 zijn kengetallen opgenomen voor energiegebruik en CO₂-uitstoot per kg geproduceerd kippenvlees.

7. Broeikasgas

Een laatste potentieel milieueffect speelt specifiek bij CO₂-verdoving: de techniek zou een extra bijdrage van CO₂ als broeikasgas kunnen veroorzaken. Dat is echter afhankelijk van de herkomst van het gas. Anders dan gebruikelijk bij de atmosferische gasen wordt CO₂ namelijk niet geproduceerd vanuit luchtscheidinginstallaties. Het wordt voornamelijk geproduceerd door verbranding van koolwaterstoffen, als bijproduct van de productie van ammoniak (NH₃) of uit natuurlijke bronnen gehaald. Indien het een bijproduct is, wordt er geen extra bijdrage aan CO₂-uitstoot geleverd; in Nederland zal dat het geval zijn.

4.3 Externe veiligheid

De opslag- en verladingsituatie (omvang, wijze en ligging ten opzichte van gebouwen) is van invloed op de grootte en ligging van de plaatsgebonden risicocontour. Afhankelijk van de wijze van toepassing en opslag (bijvoorbeeld vloeibaar/gas en hoeveelheid in flessen, tanks et cetera) kunnen zuurstofverdringende effecten een rol spelen binnen de inrichting, soms ook daarbuiten. De reikwijdte van het (letale) effect is sterk afhankelijk van de mogelijkheden van verdunning (onder meer afhankelijk van plaatsing in, op of tussen gebouwen en van de weersomstandigheden et cetera). Vooral nog wordt geen relevant plaatsgebonden risico per jaar van 10⁻⁶ (buiten de inrichting) voorzien. Voor de opslag van (vloeibare) zuurstof zijn voorwaarden vastgelegd in een richtlijn (PGS 9, voorheen CPR 5). In het kort komt het er op neer dat de opslag voldoende vrij moet staan om bij lekkage voldoende menging met de lucht te waarborgen dan wel dat het gelekte zuurstof niet in ruimtes of nissen achterblijft. Dat betekent in de praktijk dat de tanks buiten moeten staan. Voor de opslag van CO₂ is geen richtlijn in Nederland voorhanden. De opslag van CO₂ kan mogelijk worden gereguleerd analoog aan de plaatsingsvoorwaarden voor O₂-opslag (op basis van informatie van het Centrum Externe Veiligheid, RIVM).

Als de opslag van de gasen onder druk plaatsvindt in bijvoorbeeld drukcilinders, kan de richtlijn voor gasflessen van het Centrum Externe Veiligheid van het RIVM worden toegepast. Daarin is ook rekening gehouden met explosie-effecten. Deze effecten spelen alleen een rol bij zeer veel gasflessen. Een toxisch scenario is voor genoemde stoffen niet van toepassing.

4.4 Arboaspecten

Bij het CAS-systeem worden de kippen verdoofd aangehaakt. Dat heeft enkele arbotechnische voordelen (ten opzichte van het aanhaken van onverdoofde kippen). Er wordt minder stof geproduceerd (bij bewustzijn zijnde, met vleugels klapperende kippen kunnen veel stof produceren) en het reduceert de potentiële fysieke gevaren van het ophangen van bij bewustzijn zijnde en gestreste kippen (RSI). Overigens draagt de werknemer in beide gevallen, doorgaans, een stofmasker. Daarbij dient te worden opgemerkt dat kippen verdoofd met argon juist door de verdoving met de vleugels gaan klapperen; dat is echter in de verdovingsunit. Een ander arbotechnisch voordeel is dat de werkruimte bij het aanhaken van verdoofde kippen normaal (met wit licht) wordt verlicht, terwijl nog niet verdoofde kippen vaak in blauw licht worden aangehaakt (omdat dit de stress onder de kippen vermindert).

Koolstofdioxide, argon en stikstof kunnen een risico vormen voor de werknemer. Als dergelijke gassen vrijkomen in de lucht daalt (ongemerkt) het zuurstofniveau. In het ernstigste geval kan verstikkingsdood (asfyxiatie) optreden. Daarom dient de constructie veilig te zijn met betrekking tot gaslekkage. Een CAS-systeem is gesloten, maar een kleine hoeveelheid gas kan in de veren van de verdoofde kippen achterblijven; uit arbotechnische overwegingen kan dat met speciale zuigers worden afgezogen. Tevens kan een extra veiligheidsmarge worden ingebouwd waarbij detectieapparatuur ruimschoots voor een bedreigend concentratieniveau waarschuwt wanneer een daling van de zuurstof plaatsvindt. Ten slotte kan nog worden opgemerkt dat CO₂, Ar en N₂ veelvuldig in allerlei productieprocessen worden gebruikt (inclusief de levensmiddelenindustrie voor het verpakken van vlees, fruit en groenten) en als zodanig beproefde veilige technieken zijn. Naast bovengenoemde zuurstofverdringing kan bevrozing van belang zijn bij het werken met tot vloeistof gekoelde gassen.

4.5 Dierenwelzijnsaspecten

Een belangrijke reden voor de ontwikkeling en introductie van gasverdoven was het verbeteren van het dierenwelzijn. Vooral het niet meer levend aanhangen aan slachthaken levert een sterke bijdrage aan de welzijnsverbetering. De dieren worden in de kratten of containers, waarin men ze aanvoert, of los op een lopende band in de gasruimte gebracht, en worden dus niet gehanteerd voor het verdoven. Stress zoals gerelateerd met waterbadverdoven wordt dus vermeden; voorwaarde is wel dat dieren bij gasverdoven niet meer gehanteerd worden. Belangrijk bij gasverdoven is dat de inductie van bewusteloosheid niet instant is zoals bij elektrische of mechanische verdoving, maar geleidelijk gaat en dus enige tijd nodig heeft. Het is daarom van belang dat de tijdsduur en de mate van stress die optreedt tijdens het verdovingstraject met elkaar in evenwicht zijn. Belangrijke stressfactoren bij gasverdoven zijn:

- aversie tegen het gas;
- bijtend en prikkelend op de slijmvliezen;
- zwaar ademen.

Gerritzen en Lambooy (2007) noemen wel vleugelklapperen van vogels bij zowel bewustzijn als bewusteloosheid bij het gebruik van argon en stikstof (met name bij argon). Bij CO₂-verdoving treedt dit effect beperkt op. Hoge CO₂-concentraties kunnen bijtend en prikkelend zijn op de slijmvliezen. Een getrappt systeem (eerst een lage CO₂-concentratie verrijkt met O₂ en pas na bewustzijnsverlies een

hoge CO₂-concentratie) biedt daarvoor een uitkomst. Irreversibele verdoving geniet sterk de voorkeur aangezien vogels na gasverdoving snel weer bij bewustzijn kunnen raken.

4.6 Productkwaliteit

Verschillende verdovingsmethoden hebben verschillende effecten op de kwaliteit van het karkas. Hieronder wordt de mate van onvolkomenheden verstaan, veroorzaakt door het verdoven, zoals bloeduitstortingen of botbreuken en de kwaliteit van het vlees (kleur, pH, structuur). Alle verdovingsmethoden met gas hebben als voordeel dat er geen bloeduitstortingen (door spiertrekkingen) plaatsvinden. Bij Ar (en in mindere mate N₂) ontstaan wel gebroken vleugels met bloedingen; bij CO₂ vindt dat niet plaats⁸. Weinig bloeduitstortingen en botbreuken zorgen voor een betere productkwaliteit. Vermindering van bloeduitstortingen en botbreuken kan leiden tot minder personeelskosten omdat er minder bijgesneden behoeft te worden.

Het gebruik van inert gas kan van invloed zijn op de kleur en geur maar dat zegt niets over de productkwaliteit. Het is wel van belang dat in het schap in de winkel een en dezelfde kwaliteit wordt aangeboden.

Gregory en Whittington (1992) noemen ook een voedselhygiënische voordelen van gasverdoving boven elektrische verdoving. Ten eerste ademt de vogel geen water meer in van het waterbad (het water is doorgaans vervuild met feces, omdat de vogels bij verdoving de neiging hebben hun ontlasting te doen). Ten tweede stellen zij dat de vogels doordat zij soms levend voorbij de halssnede komen over een langer traject feces kunnen afscheiden. Ten slotte stellen zij dat de ‘ruwere handelswijze’ van elektrische verdoving voor wondjes op de kip zorgen die een verhoogd risico op de aanhechting van micro-organismen veroorzaakt. Het CAS-systeem zou voorgaande potentiële besmettingsrisico's vrijwel uitsluiten. Het verhaal van Gregory en Whittington (1992) wordt niet door andere onderzoeken of kwaliteitscontroles bevestigd. De lichaamsdelen van de vogels die betrekking hebben op bovenstaande verhaal over hygiëne (longen met betrekking tot water inademen en poten met betrekking tot ruwere behandeling) worden niet of slechts verwerkt geconsumeerd.

4.7 Economische aspecten

In EC (2007) zijn de economische aspecten van elektronisch waterbadverdoving en CAS beschreven. De conclusie uit dit rapport is dat een economische vergelijking moeilijk uit te voeren is omdat:

1. De installatiekosten van een CAS apparaat sterk afhangen van de individuele omstandigheden van slachthuizen;
2. Economische baten van kwaliteitsverbeteringen van het vlees moeilijk vast te stellen zijn en dat deze baten sterk afhangen van het afzetkanaal.

De volgende aspecten spelen een rol bij de economische afweging:

- a. Kosten investering in verdovingsapparatuur en installatiekosten;
- b. Kosten gasmengsels (CO₂/O₂);
- c. Energiekosten;
- d. Kosten water;
- e. Arbeidskosten;
- f. Opbrengst vlees als gevolg van kwaliteitsverschillen.

⁸ De inductie van bewusteloosheid met de gassen N₂ en Ar gaat gepaard met ernstig vleugelklappen en clonische en tonische convulsies.

Ten aanzien van de investeringen is de literatuur eenduidig dat CAS veel duurder is dan elektronische waterbadverdooving. Schatting lopen uiteen van een factor 3 à 5 (EC, 2007) tot een factor 10. Alhoewel niet vermeld in de literatuur zal de huidige bedrijfsomvang van de slachterij ook een rol spelen bij dit verschil in investeringskosten bestaande uit het apparaat en de installatie. In Nederland is een grote variatie tussen pluimveeslachterijen qua aantal slachtingen per week. Dit varieert van 3 slachterijen met minder dan 0,2 miljoen slachtingen per week, 8 slachterijen met tussen de 0,2 en 0,5 miljoen slachtingen per week en vijf slachterijen met meer dan 0,5 miljoen slachtingen per week (PVE, 2009). Het CAS-verdoven met een of meerdere gasmengsels zal extra kosten voor de aankoop en opslag van het gasmengsel tot gevolg hebben. De kosten voor deze gasmengsels zijn niet bekend. Voor de Nederlandse situatie lijkt een CO₂/O₂ in verschillende verhoudingen goedkoop en diervriendelijk te zijn. Bij elektrische waterbadverdooving zijn geen kosten voor de aankoop en opslag van gasmengsels. Het CAS-verdoven leidt ook tot extra elektriciteitskosten ten opzichte van gasverdooving. Per slachtlijn is het verschil circa 13 kW. Bij 2000 draaiuren per jaar en een elektriciteitsprijs van 0,25 per kWh, ontstaat een kostenverschil van 6500 euro per slachtlijn per jaar.

Het verbruik van water is bij CAS-verdoven lager dan bij elektrische waterbadverdooving. Uitgaande van een verschil van 1,25 m³ per uur, 2000 draaiuren en €1,70 euro per m³ (aankoopprijs) ontstaat een kostenverschil van circa 4000 euro per jaar waarbij de reiniging van het afvalwater buiten beschouwing gelaten is.

Het CAS-verdoven kan mogelijk arbeid uitsparen doordat verdoofde vleeskuikens sneller aangehaakt kunnen worden dan onverdoofde kuikens zoals bij het elektronische waterbadverdooving. Daarnaast kan een daling van het ziekteverzuim verwacht worden door de betere arbeidsomstandigheden bij CAS dan bij de elektrische waterbadverdooving (stof en RSI). Uit de literatuur zijn geen data beschikbaar over de mogelijk besparing van arbeidskosten door het CAS-systeem in vergelijking met elektrische waterbadverdooving.

Het CAS-verdoven heeft een verbetering van de kwaliteit van het vlees (bloeduitstortingen en botbreuken) tot gevolg in vergelijking tot het elektrische waterbadverdooving. De waarde van de vlees kwaliteitsverbetering zal sterk afhangen van de afzetmarkt. Voor de verse markt (vooral de filet) zal de betere kwaliteit een hogere waarde hebben dan voor de markt voor bewerkte producten (bijvoorbeeld saté).

In EC (2007) worden enkele economische aspecten beschreven van een CAS-systeem ten opzichte van een elektrisch waterbad. Een diervriendelijker proces kan voordelen hebben op de afzetmarkt en daarmee gepaard gaand economisch voordeel, maar het precieze voordeel daarvan is lastig te kwantificeren. Het CAS-systeem is duurder; EC (2007) noemt ordegroottes van 0,075 eurocent per vogel voor tweetraps-CO₂ en 0,7 eurocent voor Ar/N₂-systemen. Welpelo (persoonlijk commentaar) schat de meerkosten van het CAS-systeem op 0,1 a 0,2 eurocent per vogel (van ongeveer 2 kg). De meerkosten laten zich vermoedelijk redelijk snel terugverdienen door een betere productkwaliteit (en daardoor betere prijs) en een grotere opbrengst (men heeft geen concrete data, maar het onderzoek levert genoeg aanwijzingen op die suggereren dat de terugverdientijd redelijk snel is; dat wordt indirect bevestigd doordat het systeem bij steeds meer bedrijven wordt gebruikt). Ook kan een klein economisch voordeel op het gebied van arbeidskosten worden gedaan omdat het proces minder arbeidsintensief is (naar schatting 15% tot 20% minder arbeidsintensief). Doordat het verdoovingsaspect proportioneel een zeer klein onderdeel is van de uiteindelijke vleesprijs is het niet waarschijnlijk dat het invoeren van het duurdere CAS-systeem een sterk merkbare invloed heeft op de uiteindelijke consumentenprijs.

De mogelijkheid om meerkosten van het CAS-systeem terug te verdienen wordt bevestigd door Welpelo (persoonlijk commentaar bij bezoek aan slachterij in Dedemsvaart van Plukon Royale BV, oktober 2008). Er loopt een onderzoek bij Plukon Royale BV, dat in 2009 wordt afgerond. Het was, ten tijde van het schrijven van dit rapport, nog niet mogelijk de precieze uitkomsten te beschrijven, maar

grofweg is de meeropbrengst van vlees door invoering van het CAS-systeem 0,5% per kilo karkasgewicht en is de prijsverhoging van de uiteindelijke vleesprijs hooguit enkele tienden van eurocenten per kilo (er is dus nauwelijks invloed op de uiteindelijke vleesprijs). De terugverdientijd van de CAS-installatie is afhankelijk van de specifieke bedrijfs- en marktomstandigheden en moet in de ordegrootte van een aantal jaren worden gezien. De capaciteit van een pluimveeslachterij en het klantenbestand zijn hierbij onder meer invloedsfactoren.

Op internet is een voorbeeldberekening gepresenteerd voor een slachterij met 1 miljoen slachtingen onder Amerikaanse omstandigheden (voor Nederlandse omstandigheden dus een grote slachterij). (http://www.abolitionistapproach.com/media/missing_links/p31/HSUS_report_on_The_Economics_of_Adopting_Alternative_Production_Practices__.pdf). Uit deze berekeningen wordt geconcludeerd dat de extra uitgaven binnen een jaar terugverdiend worden door de meeropbrengsten. Shane (2005) komt voor de Engelse situatie tot een zelfde conclusie. Deze economische berekeningen zijn niet of nauwelijks onderbouwd met praktische informatie waardoor enige voorzichtigheid geldt ten aanzien van de conclusies.

Gegeven bovenstaande analyses kan niet vastgesteld worden of CAS-verdoving economisch rendabel is ten opzichte van elektrische waterbadverdoving. Dit zal sterk afhangen van de waarde van de vleeskwaliteitsverbetering (die gedeeltelijk door de afzetmarkt wordt bepaald) en van de bedrijfsomvang van de slachterij (CAS is voor grotere slachterijen eerder rendabel dan voor kleinere slachterijen).

5 Discussie

In dit rapport is een breed scala aan onderwerpen onderzocht met betrekking tot enkele verdoovingstechnieken in de pluimveeslachterij. In Tabel 1 worden de ‘voors en tegens’ van drie technieken voor het aspect milieu samengevat. In Tabel 2 worden de technieken op basis van vijf criteria indicatief beoordeeld. Het betreft hier een Nederlandse sectorbrede beoordeling op basis van literatuuronderzoek die in andere EU-lidstaten en locatiespecifiek kan afwijken. Het bevoegd gezag en betrokken bedrijven kunnen – rekening houdend met de regelgeving en de lokale situatie – op grond van de verzamelde data een weloverwogen keuze maken.

Tabel 1: Kwalitatieve inschatting milieuaspecten ‘voors en tegens’ elektrisch waterbad en gas verdoovingsmethoden bij het slachten van pluimvee.

		Elektrisch waterbad	CO ₂	N ₂ /Ar	Opmerkingen
1	Milieu: duurzaamheid met betrekking tot gebruik van grondstoffen	+	+	+	Er is verschil tussen de technieken wat betreft de hoeveelheid opgeleverd hoogwaardig product in combinatie met effectieve verdooving. CO ₂ -verdooving levert per gebruikte hoeveelheid grondstof het meest hoogwaardige product op. Omdat in Nederland echter uiteindelijk alle productstromen (inclusief laagwaardig product) worden gebruikt, worden de technieken met betrekking tot duurzaamheid gelijkwaardig ingeschat.
2	Milieu: energieverbruik met betrekking tot het uitslachten	+	+	+	Er is een klein verschil in bestertijd tussen de diverse technieken, maar in Nederland lijkt dat niet relevant. Een lagere productkwaliteit (botbreuken) kan zorgen dat het uitslachten meer energie kost, maar is mede afhankelijk van beoogde toepassing. De technieken worden hier op dit aspect gelijkwaardig ingeschat.
3	Milieu: energieverbruik installatie	+	-	-	Het energiegebruik van CAS-verdooving ligt hoger dan het bij gebruik van een elektrisch waterbad. Het aandeel energiegebruik van de verdooving is een klein deel van het totale energiegebruik (tienden van procenten). De meeste energie in het hele proces wordt echter gebruikt voor de koeling; (punt 4).

- = minder goed, + = goed, ++ = zeer goed; combinaties mogelijk (-/+) vaak afhankelijk van uitvoering

Vervolg Tabel 1

		Elektrisch waterbad	CO₂	N₂/Ar	Opmerkingen
4	Milieu: energieverbruik koeling	+	+	+	Aangezien in de praktijk in Nederland er geen verschil lijkt te zijn tussen de technieken zijn ze gelijk gewaardeerd.
5	Milieu: Watergebruik	-	+	+	Watergebruik voor proces van elektrisch waterbadverdooving ligt hoger dan de CAS-systemen. Op het totale watergebruik van een slachterij is het verschil verwaarloosbaar.
6	Milieu: slachtafval/laagwaardige reststromen	+	++	+	Aangezien er niets van dierlijk materiaal wordt weggegooid (ook poten en bloedstromen worden bijvoorbeeld verwerkt) betreft het feitelijk laagwaardige reststromen. CO ₂ -verdooving levert de minste laagwaardige stromen op.
7	Milieu: Geuremissie	-/+	+	-/+	Evenredig met (punt 6 en 8). Deze parameter is lastig in te schatten, mede omdat de daadwerkelijke geuremissie buiten de slachtinrichting ook afhankelijk is van eventuele getroffen maatregelen.
8	Milieu: Stofemissie	-	+	-/+	Binnen de inrichting zorgt CO ₂ -verdooving voor de minste stofvorming (met o.a. gunstig effect op arbeidsomstandigheden; Tabel 2, punt 2). Of dit ook voordelig is voor stofemissie buiten de slachtinrichting (en daardoor mede geuremissie, punt 7) is sterk afhankelijk van de bij de inrichting getroffen voorzieningen.
9	Milieu: externe veiligheid	+	+	+	Alle methoden kunnen veilig worden uitgevoerd. Risico's buiten de slachtinrichting worden als verwaarloosbaar beschouwd (controleerbaar).

- = minder goed, + = goed, ++ = zeer goed; combinaties mogelijk (-/+) vaak afhankelijk van uitvoering

Tabel 2: Kwalitatieve beoordeling van milieu, arbeidsomstandigheden, dierenwelzijn, economie en productkwaliteit van elektrisch waterbad verdooving en Controlled Atmosphere Stunning (CAS)-verdooving bij het slachten van pluimvee

		Elektrisch waterbad	CO₂	N₂/Ar	Opmerkingen
1	Milieu	-/+	-/+	-/+	Voor het milieu heeft gasverdooving voordelen boven elektrisch verdoven wat betreft stofreductie, geurvermindering en waterbesparing, maar verdient elektrisch verdoven de voorkeur vanuit het oogpunt van energiebesparing.
2	Arbo-omstandigheden	-	+	+	Bij gasmethoden hoeven geen levendige vogels te worden aangehaakt en is er veel minder stof. Gelijk beoordeling van verdoven met CO ₂ en Ar/N ₂ omdat stofproductie bij inerte gassen in een gesloten systeem plaatsvindt.
3	Dierenwelzijn	-	+	+	Verdoven met gas heeft duidelijke dierenwelzijnsvoordelen nl. niet aanhaken voor de bedwelming. Met elektrisch waterbadverdooving kunnen alle dieren goed worden verdoofd. Dit levert wel een spanningsveld op tussen productkwaliteit en dierenwelzijn. In de praktijk ligt de focus op productkwaliteit.

- = minder goed, + = goed, ++ = zeer goed; combinaties mogelijk (-/+) vaak afhankelijk van uitvoering

vervolg Tabel 2

		Elektrisch waterbad	CO₂	N₂/Ar	Opmerkingen
4	Economische aspecten/prijs	++	+ / ++	+	In aanschaf is een elektrisch waterbad vele malen goedkoper dan CAS. De bedrijfsvoering van de CAS-systemen is duurder dan elektrisch verdoven (waarbij de inerte gassen in Nederland duurder zijn dan CO ₂). De meerkosten van CAS kunnen in bepaalde gevallen terugverdiend worden door een betere productkwaliteit; CO ₂ scoort op dit punt beter dan de inerte gassen. Dit is echter sterk afhankelijk van de bedrijfsomvang en de beoogde afzetmarkt. Voor kleine bedrijven zal dit veel minder gelden dan voor grote bedrijven en is elektrisch waterbad dus economisch gezien het gunstigst.
5	Productkwaliteit (bloedingen, botbreuken, et cetera)	+	++	+	Productkwaliteit kan bij alle methoden goed zijn (en de benodigde kwaliteit is sterk afhankelijk van de beoogde afzetmarkt). Bij elektrisch waterbadverdoven is een goede productkwaliteit echter in conflict met dierenwelzijn en argonverdoving heeft botbreuken en vleugelklapperen als gevolg. CO ₂ lijkt onder de huidige omstandigheden qua productkwaliteit (in samenhang dierenwelzijn) de aanbevolen methode.

- = minder goed, + = goed, ++ = zeer goed; combinaties mogelijk (-/+) vaak afhankelijk van uitvoering

In bovenstaande tabellen zijn zo goed als mogelijk de diverse aspecten van de technieken beoordeeld. De toegekende plusjes en minnetjes kunnen als een rangorde worden beschouwd en zijn niet absoluut. Wat betreft de totaalbeoordeling van het aspect milieu is uitgegaan van de sectorbrede situatie zoals die zich voordoet in Nederland (dus zonder de milieueffecten voor koelen en besterven). De praktijksituatie in andere EU-lidstaten of lokaal kan hiervan afwijken. Nieuwe informatie of meer praktijkervaring kunnen aanpassingen wenselijk maken.

6 Conclusies

In dit onderzoek zijn elektrisch verdoven en gasverdoven met CO₂, Ar en N₂ integraal beoordeeld op basis van een literatuurstudie. Er is veel geschreven over dierenwelzijn, arbo-omstandigheden en productkwaliteit maar weinig over milieueffecten en economische aspecten van de verschillende technieken. De milieu- en economische aspecten zijn daarom zo goed als mogelijk voor de Nederlandse situatie ingeschat. De conclusies worden per onderzocht thema opgesomd:

- Gasverdoving (2-fasen systeem) kent milieuvoordelen en nadelen in vergelijking met elektrisch waterbadverdoven:
 - gasverdoving met CO₂ is gunstiger dan elektrisch waterbadverdoven wat betreft stofreductie en geurvermindering. Deze voordelen gelden ook voor de inerte gassen N₂ en Ar, maar in mindere mate dan bij CO₂;
 - gasverdoving is gunstiger dan elektrisch waterbadverdoving wat betreft waterverbruik;
 - elektrisch waterbadverdoving is gunstiger dan gasverdoving wat betreft energiegebruik;
 - voor zowel watergebruik als energiegebruik geldt dat de verdoving slechts een klein onderdeel uitmaakt van het totaalgebruik in het slachtproces.
- Wat betreft de arbo-omstandigheden is gasverdoving te verkiezen boven elektrisch waterbadverdoving omdat de vogels levenloos kunnen worden aangehaakt. Dat geeft minder stofoverlast, minder kwetsuren voor de werknemer en bovendien kan het proces bij normaal wit licht gebeuren.
- Uit oogpunt van dierenwelzijn zijn gasmengsels (met name het tweetraps CO₂/O₂-systeem) te verkiezen boven elektrische waterbaden, omdat de dieren niet voor het bedwelmen behoeven te worden aangehaakt en de mogelijke nadelige aspecten van het verdovingproces zelf.
- Gasverdoving met CO₂ is gunstiger dan elektrisch waterbadverdoven wat betreft de vleeskwaliteit (minder bloedingen en botbreuken); elektrisch waterbadverdoven kan een goede productkwaliteit opleveren, maar daar zit een spanningsveld met dierenwelzijn.
- Uit oogpunt van economische aspecten heeft elektrisch verdoven op korte termijn de voorkeur boven gasverdoving. Gasverdoving is duurder in aanschaf en gebruik dan elektrisch verdoven. De investeringskosten van gasverdoven kunnen mogelijk worden terugverdiend door de betere productkwaliteit en hogere opbrengstprijzen. Voor grotere slachterijen zal het daardoor eerder rendabel worden dan voor kleinere slachterijen waardoor de onderlinge concurrentieverhouding beïnvloed wordt.

Dankbetuiging

Voor dit advies zijn de volgende personen geraadpleegd: J. van Brussel (VROM-Inspectie), B. Crijns (LNV), C. Braams (VROM), E. Geus (CEV, RIVM), A. Matthijsen (CEV, RIVM), P. Stals (firma Stork), P. Vesseur (NEPLUVI), H. Welpelo (Plukon Royale BV).

Literatuur

Bilgili, S.F. (1999). Recent advances in electrical stunning. *Poultry Science*, 78: 282-286.

Blonk, H., A. Kool en B. Luske (2008). Milieueffecten van Nederlandse consumptie van eiwitrijke producten; Gevolgen van vervanging van dierlijke eiwitten anno 2008, Blonk Milieu Advies BV.

Coenen, A. M. L., W. H. I. M. Drinkenburg, R. Hoenderken en E. L. J. M. van Luijtelaar (1995). Carbon dioxide euthanasia in rats: oxygen supplementation minimizes signs of agitation and asphyxia. *Laboratory Animals* 29: 262-268.

Danneman, Peggy J., Susan Stein en Sally O. Walshaw (1997). Humane and Practical Implications of Using Carbon Dioxide Mixed with Oxygen for Anesthesia or Euthanasia of Rats. *Laboratory Animal Sciences* 47: 376-385.

Derden et al. (2003). Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de slachthuissector, Studie uitgevoerd door het Vlaams kenniscentrum voor Best Beschikbare Technieken (Vito) in opdracht van het Vlaams gewest.

EC (1998). The use of Mixtures of the Gases CO₂, O₂, and N₂ for Stunning or Killing Poultry, Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare, DG Health and Consumer Protection, Europese Commissie (EC), adopted 23rd June 1998.

EC (2005). Integrated Pollution Prevention and Control; Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries, Europese Commissie (EC), Mei 2005.

EC (2007). Study on the stunning/killing practices in slaughterhouses and their economic, social and environmental consequences, Final Report Part II: Poultry, European Commission, Directorate General for Health and Consumer Protection.

EFSA Journal (2004). 45, 1-29 Welfare aspects on the main systems of stunning and killing the main commercial species of animals.

Eisele, J.H., Eger, E.I., Muallem, M. (1967). Narcotic Properties of Carbon Dioxide in the Dog. *Anesthesiology* 28, 856-865.

Ernsting, J.,(1965). The effect of anoxia on the central nervous system. In: A textbook of aviation physiology. (Ed.) J.A. Gilles, Pergamon Press, London, pp 270-289.

EU (1993). Richtlijn nr. 93/119/EG van de Raad van de Europese Unie van 22 december 1993 inzake de bescherming van dieren bij het slachten of doden (PbEG L 340).

EU (1996). Richtlijn 96/61/EG van de Raad van 24 september 1996 inzake geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging (IPPC-richtlijn), publicatieblad: L 257 van 10.10.1996.

- Forslid, A., M. Ingvar, I. Rosen en D.H. Ingvar (1986). Carbon dioxide narcosis: influence of short-term high concentration carbon dioxide inhalation on EEG and cortical evoked responses in the rat. *Acta Physiol. Scand.*, 127: 281-287.
- Forslid, A. (1987). Transient neocortical, hippocampal and amygdaloid EEG silence induced by one minute inhalation of high concentrations CO₂ in swine. *Acta Physiol. Scand.* 130:1-10.
- Gerritzen, M. A., E. Lambooy, S. J. W. Hillebrand, J. A. C. Lankhaar en C. Pieterse (2000). Behavioral responses of broilers to different gaseous atmospheres. *Poultry Sci.* 79: 928-933.
- Gerritzen, M.A., Lambooy, E., Reimert, H., Stegeman, A., Spruijt, B.M. (2004). On Farm Euthanasia of Broiler Chicken: effects of Different gas Mixtures On Behaviour and Brain Activity. *Poultry Science* 83: 1294-1301
- Gerritzen, M.A., Lambooy, E., Reimert, H.G.M., Spruijt, R.M. and Stegeman, J.A. (2006). Susceptibility of duck and turkey to severe hypercapnic hypoxia. *Poultry Science* 85, 1055-1061.
- Gerritzen, M. en B. Lambooy (2007). Literatuuroverzicht van verdovingsmethoden voor pluimvee, Rapport 36, Animal Sciences Group, Wageningen UR, februari 2007.
- Gregory, N.G. en P.W. Whittington (1992). Inhalation of water during electrical stunning in chickens, *Res Vet Sci.* 1992 Nov;53(3):360-2.
- Hari, P., K. Portin, B. Kettenmann, V. Jousmäki en G. Kobal (1997). Right-hemisphere preponderance of responses to painful CO₂ stimulation of the human nasal mucosa. *Pain* 72: 145-151.
- Hoen, Th. en J. Lankhaar (1999). Controlled Atmosphere Stunning of Poultry. *Poultry Science* 78:287-289.
- HSA no. 5 (2006). Safety and maintenance of electrical stunning equipment, Humane Slaughter Association (HSA).
- HSA no. 14 (2006). Gas killing of chicks in Hatcheries, Humane Slaughter Association (HSA).
- HSA no. 16 (2006). Prevention of pre-stun shocks in electrical waterbaths, Humane Slaughter Association (HSA).
- HSUS report
http://www.abolitionistapproach.com/media/missing_links/p31/HSUS_report_on_The_Economics_of_Adopting_Alternative_Production_Practices_.pdf
- InfoMil (1996). Informatieblad Vleesindustrie t.b.v. energie in de milieuvergunning voor niet MJA-inrichtingen, E07 Energie.
- Kohler I., Meier, R., Busato, A. en G. Neiger-Aeschbacher (1999). Is carbon dioxide (CO₂) a useful short acting anaesthetic for small laboratory animals? *Laboratory Animals* 33, 155-161.
- Lambooy, E. (1982). Electrical stunning of sheep. *Meat Science*, 6 (1982):123-135.
- Lambooy, E. en W.J. Spanjaard (1982). Electrical stunning of veal calves.

Meat Science, 6 (1982) 1: 15-25.

Lambooij, E., M. A. Gerritzen, B. Engel, S. J. W. Hillebrand en C. Pieterse (1999). Behavioral responses during exposure of broilers to different gas mixtures. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 62: 255-265.

Lambooij, E., Reimert, H., van de Vis, J.W. en Gerritzen, M.A. (2008). Head-to-cloaca electrical stunning of broilers. *Poultry Science* 87, 2160-2165.

Lopez da Silva, H.F. (1983). The assesment of unconsciousness: General principles and practical aspects. *Stunning of animals for slaughter*, (Ed: G. Eijkelenboom), Martinus Nijhof, The Hague, The Netherlands, pp 3-12.

Martoft L., Jørgenson, H.S., Foslid, A., Pedersen, H.D. en P.F. Jørgenson (2003). CO₂ induced acute respiratory acidoses and brain tissue intracellular pH: a ³¹P NMR study in swine. *Laboratory Animals* 37, 241-248.

McKeegan, EF, McIntyre, J., Demmers, TGM, Wathes, CM en Jones, RB (2006). Behavioural responses of broiler chickens during acute exposure to gaseous stimulation. *Applied Animal Behaviour Science* 99, 271-286.

Nederland (1997). Besluit van 16 mei 1997, houdende regelen ter zake van het doden van dieren (Besluit doden van dieren), Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, jaargang 1997.

PVE (2009) Statistisch jaarrapport (voorlopige cijfers 2008).

http://www.pve.nl/wdocs/dbedrijfsnet/up1/ZuzumraIC_voorlopig_statistisch_jaarrapport_pluimvee_eieren_2008.pdf

Raj, A.B.M. (1996). Aversive reactions of turkeys to argon, carbon dioxide and a mixture of carbon dioxide and argon, *The Veterinary Record*, Vol 138, Issue 24, 592-593, British Veterinary Association.

Raj, A.B.M. (1998). Welfare During Stunning and Slaughter of Poultry, *Poultry science* 77:1815-1819.

Raj, A.B.M. (2006). Recent developments in stunning and slaughter of poultry, *World's Poultry Science Journal*, Vol. 62, September 2006.

Raj, Mohan A.B. en N.G. Gregory (1991). Preferential feeding behavior of hens in different gaseous atmospheres. *Br. Poultry Sci.* 32: 57-65.

Raj, Mohan A.B. en N.G. Gregory (1994). An evaluation of humane gas stunning methods for Turkeys. *Veterinary record* 135: 222-223.

Raj A.B.M. and Tserveni-Gousi, A. (2000). Stunning methods for poultry. *World's Poultry Science Journal*, 56:292-304.

Resource (2006). Kippen slachten, weekblad voor Wageningen Universiteit, 14 december 2006.

SenterNovem (2005). Resultaten meerjarenafspraken energie-efficiency vleesverwerkende industrie: Resultaat 2005 vleesverwerkende industrie.

Shane S. (2005). Future of gas stunning. WATT PoultryUSA, April 2005, Volume 6 No. 4, pp 16-23.

Veerman C.P. (2006). Antwoord op vragen van de leden Duyvendak, Van Velzen, Waalkens en Van der Ham, De minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

VROM-Inspectie (2007). Vleessector van de haak gevallen; onderzoek naar de implementatie van milieumaatregelen in de vleesindustrie, VROM-rapport, artikelcode 7510.

Webster A.B. en D.L. Fletcher (2001). Reactions of laying hens and broilers to different gases used for stunning poultry, Poultry Science, Vol 80, Issue 9, 1371-1377, Poultry Science Association.

Wooley, S.A. en Gentle, M. (1988). Physiological and behavioural responses of the domestic hen to hypoxia. Research in Veterinary Science, 45:377-382.

Zeller, W. (1986). Untersuchungen zur anwendbarkeit von mikrowellen zur tierschutzgerechten tötung von schlachtgeflügel. Thesis. Bern.

Bijlage 1 Additionele BBT voor de slacht van pluimvee (deel)

Deel tekst overgenomen uit EC, 2005:

5.2.2 Additional BAT for the slaughter of poultry

In addition to the general measures in sections 5.1 and 5.2, for all poultry slaughterhouses, BAT is to do all of the following:

1 apply dust abatement at bird reception, unloading and hanging stations (see sections 4.2.3.1.2, 4.2.3.1.3 and 4.2.3.1.4)

2 stun birds in their modules, using inert gases at new installations and when existing stunning equipment and bird delivery vehicles are due for renewal (see section 4.2.3.2.1)

3 reduce water consumption in poultry slaughter, by removing carcass washing equipment from the line except after de-feathering and evisceration (see section 4.2.1.11)

4 steam scald poultry (see section 4.2.3.3.1)

5 insulate scalding tanks in those existing premises where it is not yet economically viable to change to steam scalding (see section 4.2.3.3.2)

6 use nozzles instead of irrigation pipes to shower poultry, during de-feathering (see section 4.2.3.4.1)

7 use recycled water, e.g. from the scalding tank, for the carriage of feathers (see section 4.2.3.4.2)

8 use water efficient shower heads to wash poultry, during evisceration (see section 4.2.3.5.1) and

9 chill poultry by immersion/spin chilling and to control, regulate and minimise the water consumption (see section 4.2.3.6.2).

Bijlage 2 BREF: inert gas voor pluimvee verdooving (deel)

Deel tekst overgenomen uit EC, 2005:

4.2.3.2 Stunning and bleeding

See also techniques described in sections 4.2.1 and 4.2.2.2.

4.2.3.2.1 Using inert gases for poultry stunning

Description

Inert gases can be used for stunning/killing chickens and turkeys, whilst they are in their in transport containers. Mixtures of (a) argon, nitrogen or other inert gases, or any mixture of these gases, in atmospheric air with a maximum 2% oxygen by volume or (b) any mixture of argon, nitrogen, or other inert gases with atmospheric air and CO₂ provided that the CO₂ concentration does not exceed 30% by volume and the oxygen concentration does not exceed 2% by volume, can be used.

Achieved environmental benefits are reduced dust emissions during unloading, hanging and bleeding. It has also been reported that improved quality and yield have led to a reduced by-product destined for disposal as waste. The increase in yield in turn leads to a tendency to store more of the slaughterhouse output, in conditions which will not cause spillage or odour problems.

Reduced energy consumption due to reduced refrigeration time and space requirements, since it is no longer necessary to mature the carcasses.

Cross-media effects

The reduced energy consumption, due to reduced refrigeration requirements may be offset by installations using a nitrogen separation plant for processing atmospheric air.

Operational data

A reduction in dust levels, from 11.1-29.6 mg/m³ to 9.0 mg/m³, has been reported.

A proprietary system has 12 draws per module, each with a capacity of around 24 broiler chickens per draw, giving a total of 288 birds per module. A typical poultry processing line operates at 8000 birds per hour, thereby killing around 70,000 birds per line, per day.

The system is reported to have the following advantages. It does not impede blood loss, therefore, residual blood in the carcass meat is low. In comparison with electrical stunning, it reduces the number of birds with broken bones and the number of broken bones per bird; this is important as broken wish and collarbones frequently cause haemorrhaging in breast fillets and tender loins. It greatly reduces the incidence of haemorrhaging, not associated with broken bones, in the breast and leg muscles and this improves the yield and the value of products.

Research during 2001 indicated that the adoption of a gas mixture consisting of 80% by volume nitrogen and 20% by volume argon, is considered to be better than the carbon dioxide-argon mixture from bird welfare and meat quality points of views.

Applicability Applicable in poultry slaughterhouses.

Economics

At a cost of GBP 1200 per module (1995), the maximum investment on modules alone works out to be around GBP 288,000. To this module cost, around GBP 200,000 must be added for the standard plant handling equipment plus approximately a further GBP 200,000 for the stunning equipment. Total equipment costs for a complete installation on one processing line are therefore estimated to be about GBP 700,000.

Slaughterhouses using the system from 1995-1999, used a mixture of 30% CO₂ and 60% argon in air (leaving 8% nitrogen and 2% oxygen from residual air). Carbon dioxide and argon were stored in separate silos at the processing plant and mixed prior to supply into the stunning unit. Changing the gas silos to store nitrogen and argon led to additional costs. The stunning unit is designed and built to accommodate gases which are heavier than air, and to minimise the gas loss. Maintaining 25-30% CO₂ and 1.5-2.0% residual oxygen in argon in the unit, at a throughput rate of 7000 birds per hour, the gas consumption is estimated to be 17 litres of mixed gas per bird. In 1995, based on UK prices, the cost of stunning with this mixture was estimated to be between GBP 0.8-1.0 per 100 birds. The implementation of a mixture of 80% nitrogen and 20% argon in 2001, is estimated to have reduced the cost to between GBP 0.3-0.5 per 100 birds.

Driving force for implementation

The main driving force is reported to be animal welfare.

Some of the major welfare concerns associated with the water-bath electrical stunning systems, which reportedly cause stress, trauma and pain, are removed. These include, e.g. removing birds from their transport containers; shackling; conveying birds upside-down on a shackle line; giving birds an electric shock before being stunned (pre-stun shocks); cutting the necks of birds which miss being stunned adequately, due to wing flapping at the entrance to the water-bath stunners and the recovery of consciousness during bleeding due to inadequate stunning and/or an inappropriate neck cutting procedure.

Example plants

There are at least four companies in the UK using a predominantly nitrogen based gas mixture for killing chickens and turkeys.

Reference literature

[253, Raj A. B. M., 2002]

Bijlage 3 Inschattingen voor gas-, energie- en waterverbruik

DEEL 1: Informatie overgenomen uit e-mail Shai Barbut

Overall Comparison of Multi Phase Poultry Stunning Methods

Topic 1. Comparing multi phase and Anoxia stunning systems (CO₂/O₂ multi phase stunning with Anoxia stunning, i.e. N₂/CO₂ or N/Ar) with respect to the production, use of the different gasses, and yield loss resulting from downgrading (e.g., bone fracture and haemorrhages).

Topic 2. Comparing multi phase (CO₂/O₂) with electrical stunning.

Main points:

1. Electricity consumption of both systems
2. Waste production of both system, including cleaning, and wastewater coming out of the electrical water bath stunner.
3. Loss of product yield due to quality defects specifically associated with each stunning method applied (e.g., bone fracture, haemorrhages).

The calculations presented below are based on data generated by the industry, unless indicated otherwise.

Gas consumption and carbon dioxide emission

The multi phase system: Phase 1: 30% O₂/40% CO₂ for 1 min; Phase 2: 80% CO₂ in air for 2 min, uses about 8.4 g CO₂ and 1.4 g O₂ per 1 kg of live bird weight. It is important to note that the carbon dioxide used for stunning is a by-product of industrial processes (e.g. ammonia production.)

The Anoxia system uses mixture of 80% N₂ supplemented with 20% of either CO₂ or argon, resulting in a hypoxic condition with less than 2% O₂. Dwell time of birds within the system is 2 min.

The N₂/Ar system uses 160 m³ of N₂ and 45 m³ Ar or CO₂ per hour based on a maximum throughput of 5 drawers per minute, with maximal 50 kg live bird weight per drawer. Hence, gas consumption per kg live bird weight is:

$$\text{N}_2: \quad 160/(60 * 5 * 50) = 0.011 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad 1170 \text{ g/m}^3 * 0.011 \text{ m}^3/\text{kg} = 13 \text{ g/kg}^9$$

$$\text{Ar:} \quad 45/(60 * 5 * 50) = 0.003 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad 1669 \text{ g/m}^3 * 0.003 \text{ m}^3/\text{kg} = 5 \text{ g/kg, or}$$

$$\text{CO}_2: \quad 45/(60 * 5 * 50) = 0.003 \text{ m}^3/\text{kg}; \quad 1849 \text{ g/m}^3 * 0.003 \text{ m}^3/\text{kg} = 5.5 \text{ g/kg}$$

For transport purposes, nitrogen, carbon dioxide, oxygen, and argon have to be liquefied. Based on the electricity consumption, to liquefy and transport 1 kg CO₂, about 0.14 kg of CO₂ is emitted into the atmosphere. For nitrogen the figure is 0.55 kg CO₂. It is assumed that for oxygen and argon liquefaction, CO₂ emission is similar to the one needed for nitrogen.

This means that to stun 1000 kg live bird weight, the following mass of CO₂ is emitted (in kg):

$$\text{Multi phase system:} \quad 1.4 * 0.55 + 8.4 * 0.14 = 1.95 \text{ kg}$$

⁹ Calculation: 60 min; 5 drawers; 50 kg bird weight/drawer. Numbers indicated in italic represent the mass of the gasses per m³, at 1 bar 15 °C.

Nitrogen/carbon dioxide stunning: $13 * 0.55 + 5.5 * 0.14 = 7.92 \text{ kg}$
Nitrogen/argon stunning: $13 * 0.55 + 5 * 0.55 = 9.90 \text{ kg}$

Energy consumption

In full operation, the multi phase system uses about 13 kWh of electricity, whereas a typical electrical stunning system, with a frequency modulator, uses about 0.5 kWh. Energy consumption of the electrical stunning device is based on 13 animals being present, in the water bath, at any given time (4 sec stun, at 200 animals/min), having each bird presenting an electric resistance of 1000 Ohms at a 100 Volt potential difference.

For the energy consumption of the liquefaction and transportation of the gasses used, please see paragraph Gas consumption.

The process of liquefying nitrogen takes 5.2 times more energy, per kg, than liquefying carbon dioxide.

Water consumption during production

In practice, a water bath stunner uses about 1.5 m³ water per hour of processing. The multi phase CAS system uses only 0.25 m³ per hour.

Cleaning

Cleaning the multi phase CAS system typically consists of a high pressure cleaning, which takes about 2 hrs. Cleaning the electrical stunner typically requires only about ¼ hr. Water use is about 1.5 m³ water/hr; and energy use is about 10 kWh.

Product quality defects and yield loss

Multi phase (CO₂/O₂) versus hyperoxic (Ar/N₂) stunning.

Stunning/killing in a hypoxic/anoxic environment (i.e. in an atmosphere with less than 2% oxygen) induces massive convulsions and wing flapping. As a result wings are damaged. In a comparative experiment 4 times more wings were damaged applying Anoxia stunning compared to multi phase stunning (McKeegan et al.,2007). In case of Anoxia close to 6.8% of the products showed fractured wings, whereas with the multi phase stunning this percentage was only 1.6 (measurement prior to de-feathering). This makes a difference of more than 5%. Broken wings have to be rendered and result in a less valuable product. The process of rendering itself also requires energy.

Based on the percentages presented above, about $0.068 * 0.04 * 100\% = 0.27\%$ of the live weight has to be rendered due to wing fracture after Anoxia stunning, whereas after multiphase CAS stunning this percentage is only $0.016 * 0.04 * 100\% = 0.06\%$ (0.04 is the weight of a wing relative to the live weight).

Dual phase (CO₂/O₂) versus electrical stunning (50 Hz, AC)

Electrical stunning, in contrast to multi phase stunning induces massive non-physiological severe muscle contractions. As a result bones which are part of the shoulder area could break. Moreover, haemorrhages will occur in the tenderloin, due to eccentric contraction of the tenderloin (Pectoralis profundus) resulting from the strain put on this muscle by its antagonist, the Pectoralis superficialis, during electrical stunning.

Industry data showed that more than 50% of the clavicularae (wishbones) could be broken by applying electrical stunning at legally required stunning voltages. These fractures are accompanied by haemorrhages in the fillet. Broken bones have to be manually removed. Together with trimming of haemorrhages in the tenderloin, this may cause additional yield losses (i.e., adding to the 0.4 percent of the live weight of the birds). Trimmings have to be rendered, thus requiring more energy. Based on the percentages presented above, about $0.5 * 0.004 * 100\% = 0.2\%$ of the live weight has to be rendered due to bone fracture and haemorrhages caused by electrical stunning.

Reference

D.E.F. McKeegan, S.M. Abeyesinghe, M.A. Mcleman, J.C. Lowe, T.G.M. Demmers, R.P. White, R.W. Kranen, H. Van Bommel, J.A.C. Lankhaar and C.M. Wathes, 2007. Controlled atmosphere stunning of broiler chickens: II. Effects on behaviour, physiology and meat quality in a commercial processing plant. British Poultry Science In press.

DEEL 2: Informatie overgenomen uit InfoMil 1996

Overgenomen uit paragraaf 2.2. Energiegebruik (InfoMil, 1996):

‘Pluimveeslachterijen

Elektriciteit wordt hoofdzakelijk gebruikt voor koeling (circa 60%). Bij diepvriestoeepassingen is dat zelfs circa 85%. Verder wordt elektriciteit gebruikt voor het slachten, perslucht, waterzuivering en verlichting. Het grootste deel (circa 60%) van het aardgas wordt gebruikt bij het broeien. Verder wordt gas gebruikt bij het reinigen en desinfecteren (circa 30%) en bij ruimteverwarming (circa 10%).’

DEEL 3: Informatie afkomstig van persoonlijk commentaar P. Stals

‘Het geïnstalleerde kWu voor een pluimveeslachterij met een capaciteit van 8000 vleeskuikens per uur met een gemiddeld levend gewicht van 2,5 kg en met luchtkoeling is globaal als volgt:

- Aanvoer: 115 kW waarvan het CAS-verdoofstelsel 16 kW is en elektrisch verdoven 1,5 kW voor een hoogfrequent elektrischwaterbadverdover.
- Slacht- en plukafdeling: 120 kW.
- Panklaarafdeling: 27 kW.
- Koelafdeling: 146 kW.
- Distributieafdeling: 2 kW.
- Delen- en ontbeenafdeling: 50 kW.
- Vacuümtransportafvalven: 135 kW.
- Controlpanels: 2,5 kW.

Totaal circa 600 kW

Hier wel rekening houden met het gegeven dat dit geïnstalleerd vermogen is en dat dit niet gelijktijdig wordt afgenomen.’

DEEL 4: Informatie overgenomen uit Derden et al., 2003

c. pluimvee

In Tabel 29 wordt een inschatting gemaakt van het watergebruik per processtap in een gemiddeld braadkippenslachthuis.

Tabel 29: Watergebruik per processtap in een braadkippenslachthuis

processtap	vereiste hoeveelheid water (liter/braadkip)	% van de totale hoeveelheid
verdoven en kelen	0,1 ⁵³	0,6
broeien	1,2 ⁵⁴	7,3
plukken	2,0 ⁵⁵	12,1
transport slachtafval en bijproducten	1,1	6,6
verwijderen en verwerken van organen / verdelen karkassen	2,5 ⁵⁶	15,2
koelen en vriezen	4,3 ⁵⁷	26,1
poetsactiviteiten	5,3 ⁵⁸	32,1
totaal	16,5	100

Indien het pluimveeslachthuis zelf zijn slachtafval verwerkt (rendering) dan is nog een extra hoeveelheid water (ongeveer 0,5 liter/dier hoogkwalitatief water en ongeveer 1 liter/dier alternatief water) vereist voor o.a. stoomproductie, reiniging, geurbehandeling, enz.

DEEL 5: Informatie overgenomen uit Blonk et. al., 2008:

Tabel 3.1: overzicht van milieueffecten van vleesproducten.

Product	Broeikas-effect	Fossiel energie-gebruik	Ruimte-beslag grasland	Ruimte-beslag bouwland	Ruimte-beslag totaal	Ruimte-beslag ZOA & ZA	Ruimte-beslag t.b.v. soja
	Kg CO ₂ -eq/kg	MJ/kg	m ² /kg	m ² /kg	m ² /kg	m ² /kg	m ² /kg
1 Rundvlees Brazilië	59	11,7	420,2	0	420,2	420,2	0
2 Rundvlees Ierland	38,3	67,9	54,6	5,7	60,2	1,3	1
3 Rundvlees vleesvee Nederland	15,9	61,8	1,4	13,3	14,7	1,4	1,1
4 Rundvlees melkvee	8,9	31,1	4,7	2,6	7,3	0,6	0,5
5 Lamsvlees	16,3	53,3	30,3	2,8	33,1	0,9	0,7
6 Kalfsvlees wit	6,3	31,1	0,9	3,3	4,3	0,4	0,3
7 Varkensvlees	4,5	38,3	0	7,7	7,7	4,4	2,7
8 Kippenvlees Brazilië	2,6	22,8	0	7,3	7,3	7	1,9
9 Kippenvlees Nederland	2,6	22,8	0	4,6	4,6	2,6	2,9

LCA is nog niet volledig tijdens de kweek

Noot: bovenstaande tabel is overgenomen uit hoofdstuk 3: Milieueffecten van consumentenproducten paragraaf 3.1. vleesproducten, Tabel 3.1. uit Blonk et al. (2008).

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl