

De invloed van daglicht op de gezondheid van mens en dier

Verslag van een literatuurstudie naar de effecten van daglicht bij leghennen



Goaitske Iepema
Juli 2005

Inhoudsopgave

<u>Samenvatting</u>	3
<u>1. Aanleiding</u>	4
<u>1.1 Inleiding</u>	4
<u>1.2 Onderzoeksvragen</u>	4
<u>2. Wat is licht?</u>	5
<u>2.1 Lichtintensiteit</u>	5
<u>2.2 Helderheid</u>	5
<u>2.3 Lichtkleur</u>	5
<u>2.4 Lichtduur</u>	6
<u>3. De invloed van daglicht op de mens en dier</u>	7
<u>3.1 Het derde oog</u>	7
<u>3.2 Melatonine (slaaphormoon)</u>	7
<u>3.3 Vorming van vitamine D3</u>	7
<u>4. Hoe nemen kippen (dag)licht waar?</u>	8
<u>4.1 Lichtfrequentie</u>	8
<u>4.2 Lichtkleur</u>	8
<u>5. De invloed van (dag)licht op het gedrag en welzijn van kippen</u>	10
<u>5.1 Lichtintensiteit</u>	10
<u>5.2 Lichtkleur (golflengte)</u>	11
<u>5.3 Lichtbron</u>	11
<u>5.4 Lichtperiode</u>	12
<u>5.5 Concluderend</u>	12
<u>6. De beperkingen van kunstlicht</u>	13
<u>7. Het effect van daglichtlampen</u>	14
<u>8. Literatuurlijst</u>	16



Samenvatting

Wat zijn de effecten van daglicht op de gezondheid van kippen? En in hoeverre komen kippen eigenlijk in aanraking met daglicht? Kippen die een buitenuitloop hebben, komen daar in elk geval in contact met daglicht. Daarnaast moeten biologische kippenstallen volgens de EU-regelgeving ruimschoots voorzien zijn van daglicht. In de meeste stallen wordt daglicht aangevuld met kunstlicht, enerzijds om de hoeveelheid licht te vergroten, anderzijds om de dag te verlengen. Dit kunstlicht kan afkomstig zijn van gloeilampen, TL-lampen of zogenaamde daglichtlampen. Dit rapport behandelt de vraag wat het belang is van daglicht en in hoeverre hier met kunstlicht aan voldaan kan worden.

De invloed van licht op gedrag en welzijn van kippen

Uit de literatuurstudie blijkt dat kippen een voorkeur hebben voor een hoge lichtintensiteit tijdens activiteit (eten, scharrelen etc.). In het onderzoek dat hiernaar gedaan is, was 200 lux de hoogste variant. Daglicht heeft echter nog een veel hogere intensiteit (gemiddeld 5000 lux). Onbekend is of kippen qua intensiteit een voorkeur hebben voor daglicht boven kunstlicht met een intensiteit van 200 lux. Het verschil tussen kunstlicht en daglicht is verder dat daglicht ultraviolet (UV) licht bevat en kunstlicht niet. Het blijkt uit onderzoek dat bij vleeskuikenouderdieren het aantal paringen en de inspecteertijd die aan de paring vooraf gaat, bij UV-licht toeneemt ten opzichte van licht zonder UV. Verder zijn er indicaties dat de kippen die gehouden worden in UV-licht minder stress hebben en potentieel een beter welzijn dan kippen zonder UV-licht. De lampsoort blijkt weinig effect te hebben op een scala aan onderzochte kenmerken bij vleeskuikens en kalkoenen. Hierbij moet echter wel opgemerkt worden dat alle studies plaatsvonden bij een relatief lage lichtintensiteit (5-166 lux). Uit de studies naar het effect van lichtduur blijkt dat vleeskuikens beter groeien als ze minimaal 8 uur aaneengesloten in het donker worden gehouden. Verder blijkt dat kippen daglicht ook gebruiken tijdens de oriëntatie op hun omgeving.

Relatie daglicht en gezondheid

In eerste instantie is voor deze literatuurstudie gezocht in onderzoeken die gericht zijn op pluimvee en vogels in bredere zin. Omdat er op het gebied van kunstlicht versus daglicht nog weinig onderzoek verricht is op het gebied van pluimvee, werd het onderzoek uitgebreid naar andere diersoorten en de mens. Vooral bij de mens zijn veel onderzoeken gedaan naar de heilzame werking van daglicht op de gezondheid en het welbevinden in het algemeen. Mensen die bijvoorbeeld leiden aan depressies of voorjaarsmoedheid worden vaak erg geholpen met lichttherapie, waarbij ze één of meerdere uren per dag onder een daglichtlamp zitten.

Verder blijkt uit onderzoek dat mensen die voortdurend onder kunstlicht werken, hogere gehalten aan stresshormoon in hun bloed hebben dan mensen die bij daglicht werken. Ook blijkt daglicht een positief effect te hebben op de productiviteit van mensen, dat het de tevredenheid over het werk bevordert en het ziekteverzuim vermindert. Tevens zou de aanwezigheid van daglicht de verkoop in supermarkten met 40% doen stijgen. Medisch onderzoek heeft aangetoond dat voortdurend gebrek aan daglicht gezondheidsproblemen kan veroorzaken variërend van slaap en prestatie problemen tot depressies.

Daglichtlampen

Daglichtlampen is een verzamelnaam voor lampen die het daglicht zoveel mogelijk proberen na te bootsen. Hierbij gaat het vooral om het kleurspectrum van daglicht en in mindere mate om de lichtsterkte. Naar het effect van daglichtlampen op productie, gezondheid en welzijn is tot nu toe nog weinig onderzoek gedaan. Wel zijn er een paar praktijkervaringen en blijkt uit onderzoek met hagedissen dat kunstlicht met UV_A licht, daglicht niet kan vervangen.



1. Aanleiding

1.1 Inleiding

Kippen zijn zeer visueel ingesteld: ze kunnen meer soorten licht onderscheiden dan mensen en nemen hogere lichtfrequenties waar als flikkeringen wanneer mensen dit als een continue lichtstroom zien. Kippen die een buitenuitloop hebben, komen daar in elk geval in contact met daglicht, dat een veel uitgebreider spectrum heeft dan de typen kunstlicht die in de stal aanwezig zijn. Daarnaast moeten biologische kippenstallen volgens de EU-regelgeving ruimschoots voorzien zijn van daglicht. In de Skal regels staat hierover het volgende: "Voor legkippen mag het daglicht met kunstlicht worden aangevuld tot een maximum van 16 uur licht per dag, met een ononderbroken nachtelijke rust-periode zonder kunstlicht van tenminste 8 uur" (www.skal.nl). Voor de opfok van jonge zijn geen regels met betrekking tot (dag)licht. In de meeste pluimveestallen wordt daglicht aangevuld met kunstlicht, enerzijds om de hoeveelheid licht te vergroten, anderzijds om de dag te verlengen. Het is niet altijd mogelijk om kippen het hele jaar door de gehele dag daglicht te geven. Tijdens de opfok komt het lichtschema zeer nauw en in de zomer is de voorgeschreven daglengte voor opfokhennen een stuk korter dan de natuurlijke daglengte. Terwijl buiten de zon schijnt, zitten de opfokhennen binnen in het donker. Er zijn pluimveehouders die om deze reden alleen opfokken in een seizoen waarin het te hanteren lichtschema wel overeenkomt met de natuurlijke daglengte.

De vraag is wat het belang is van daglicht, in hoeverre hier met kunstlicht aan voldaan kan worden en wat de rol van daglichtlampen kan zijn in de opfok en tijdens de leg. In 2004 is een literatuuronderzoek gedaan waarvan het resultaat nu voor u ligt.

1.2 Onderzoeksvragen

De volgende vragen komen in onderstaande hoofdstukken aan de orde:

1. Wat is licht?
2. Wat is de invloed van daglicht op mens en dier?
3. Hoe nemen kippen (dag)licht waar?
4. Wat is de invloed van (dag)licht op het gedrag en welzijn van kippen?
5. Wat zijn de beperkingen van kunstlicht?
6. Welk effect hebben daglichtlampen op gezondheid, gedrag en productie?



2. Wat is licht?

Licht is een verzameling van elektromagnetische stralen die, hoewel materieloos, energie overdragen. Het effect van licht hangt samen met vier kenmerken die kunnen variëren. Deze zijn de intensiteit van het licht, de helderheid, de lichtkleur en de lichtduur. In dit hoofdstuk worden deze aspecten, die samen het lichtregime vormen, behandeld. Voor het schrijven van dit hoofdstuk is gebruik gemaakt van PraktijkRapport Rundvee 34 (Biewinga en Winkel, 2003) en Alterra rapport 778 (de Molenaar, 2003).

2.1 Lichtintensiteit

Wat doorgaans onder verlichting wordt verstaan, heet in vaktermen illuminantie. Dat is eenvoudig verwoord, de verlichting van de omgeving, dat wil zeggen de hoeveelheid licht gemeten op een plat vlak. Dit bepaalt of we onze omgeving kunnen zien en wat we daarin kunnen onderscheiden. De illuminantie wordt gemeten in lux (= lumen per m²). Om een idee te geven van waar het hierbij om gaat, volgen een aantal situaties met de daarbij passende lichtsterkten (tabel 1).

Tabel 1. Lichtsterkte in een aantal situaties (Molenaar, 2003).	
Situatie	Verlichtingssterkte (lux)
Daglicht bij volle zon midden zomer	50.000 - 100.000
Daglicht bij betrokken hemel	1.000 - 10.000
Daglicht gemiddeld	5.000
Schemering	10
Volle maan bij heldere hemel	0,25
Nieuwe maan bij heldere hemel	0,002
Geheel maanloze, zwaar bewolkte nacht	0,001
Bureauverlichting	200 - 800
Leeslicht (werkvlak)	400
's Avonds normaal verlichte kamer	25 - 50
Leesdrempel mens (krant te lezen)	0,3
Grens kleuren zien mens	0,1
Grens zien voor aan donker geadapteerd oog mens	0,0001

2.2 Helderheid

Verlichting kent nog een ander aspect, de zogenaamde luminantie. Dat is, simpel gezegd, de helderheid van het oppervlak of de lichtbron. Deze kan alleen waargenomen worden door recht in de lichtbron te kijken. De andere kant opkijkend wordt de illuminantie waargenomen (indirecte verlichting). De luminantie wordt gemeten in cd.m⁻² (candela per m²). Voor mens en dier gaat het om de combinatie van de zichtbaarheid van de lichtbron (de lamp of het lampvenster) en de oppervlaktehelderheid ervan.

2.3 Lichtkleur

Als derde lichtparameter is het lichtspectrum van belang. Licht is zichtbare elektromagnetische straling, dat wil zeggen, voor de mens, met een golflengte van ongeveer 390 tot 780 nm (nm = nanometer; 1 nm = 10⁻⁹ m). Die golflengten leveren samen licht op dat wij wit noemen. Afzonderlijk zien we die golflengten als kleuren, van lang- naar kortgolvig: rood, oranje, geel, groen, blauw violet (zie tabel 2).



Tabel 2. De samenstelling van het voor de mens zichtbare lightspectrum

Lichtkleur	Golflengte in nanometer
Violet	390-455
Blauw	455-492
Groen	492-577
Geel	577-597
Oranje	597-622
Rood	622-780

Vogels zien licht bij andere golflengtes dan mensen. Zo kunnen vogels ook licht zien met een langere golflengte (infrarood licht) en ook licht met een kortere golflengte, het zogenaamde ultraviolet (UV) licht ($320 < \lambda < 400 \text{ nm}$) (Prescott, 1999; Jones, e.a., 2001). In hoofdstuk 4 vindt u meer informatie over hoe vogels licht zien.

2.4 Lichtduur

De belangrijkste directe en natuurlijke lichtbron van de aarde is de zon. De zon, of beter de veranderende positie van de aarde t.o.v. de zon, veroorzaakt wat wij de seizoenen noemen. Een van de kenmerken van seizoenen is dat daglengten voortdurend toe- of afnemen.

Op aarde heerste al ver voor het ontstaan van het eerste leven een cyclus van dag en nacht. Het inspelen van het leven op de eindeloze regelmaat van afwisselend licht en duisternis blijkt uit het bestaan van vaste bioritmen bij plant en dier: de biologische klok. Deze klok stuurt de timing en opeenvolging van basale biochemische reacties, fysiologische processen en gedragingen, zodanig dat zij optimaal op elkaar en als geheel op de toestand van de buitenwereld van het organisme zijn afgestemd. Die ritmes zijn voor een dier van levensbelang, omdat het daarmee kan anticiperen op de omgeving (De Molenaar, 2003). Het volgende hoofdstuk gaat in op de effecten van deze toe- en afname van de hoeveelheid daglicht bij mens en dier.

3. De invloed van daglicht op de mens en dier

Bij het leven van mens én natuur speelt licht een essentiële rol, licht is verantwoordelijk voor vele levensprocessen (Matze, 1996). Bijna alle levende planten en dieren op deze aarde leven in ritmen. Belangrijke dierlijke activiteiten als bijvoorbeeld het ruien van het verenpak, het verharren van de vacht, groeien en met name het voortplanten, vinden plaats op het meest gunstige tijdstip. Het zijn deze ritmen die de dieren beschermen tegen voedseltekorten en zorgen voor de overleving van de soort. Deze afstemming van levensprocessen op het geschikte moment of seizoen vindt bij de meeste warmbloedige dieren plaats via het waarnemen van de daglengte. Het waarnemen van de daglengte en de veranderingen, kenmerkend voor een bepaald seizoen, prikkelt het hormoonsysteem en zet daarmee het dier aan tot lichamelijke activiteit (Biewenga en Winkel, 2003).

3.1 Het derde oog

Bij gewervelde dieren met een dun schedeldak, van vissen tot vogels, gebeurt de waarneming van licht en donker door het zgn. pariëtale orgaan, een oogachtig orgaan vlak onder het schedeldak tussen beide hersenhelften boven de epifyse en daarmee verbonden via een zenuw. De epifyse reageert op de waarneming door dat 'derde oog' van duisternis met de afscheiding van het hormoon melatonine. Dit hormoon stuurt de hypofyse aan, die weer op zijn beurt de activiteit van hormoonklieren zoals de schildklier, bijnierschors en de geslachtsklieren aanstuurt. Melatonine speelt een sleutelrol bij de afstemming van de biologische klok met de buitenwereld (De Molenaar, 2003).

3.2 Melatonine (slaaphormoon)

Melatonine, dit hormoon wordt ook wel het slaaphormoon genoemd, heeft een fundamentele betekenis voor al wat leeft. Dit blijkt o.a. uit het feit dat dit hormoon is aangetroffen in alle daarop tot nu toe onderzochte planten en dieren, zelfs in primitieve algen, en bij alle een herstelfunctie, vergelijkbaar met slaap, vervult of lijkt te vervullen (De Molenaar, 2003). Veel biologische functies zijn niet slechts afhankelijk van licht op zich, maar ook van licht van verschillende golflengtes en intensiteiten (Matze, 1996). Bij de lichtintensiteit zoals die in de meeste kantoren te vinden is, gaat de melatonine (slaaphormoon) productie dóór. Een hoge intensiteit kunstlicht veroorzaakt een toename van de uitscheiding van ACTH¹ en cortisol (stress-hormoon) binnen de variatie die er binnen de seizoenen al is.

3.3 Vorming van vitamine D3

Naast dat de lichtduur voor mens en dier van belang is, speelt daglicht ook een belangrijke rol in andere levensprocessen. Zo wordt bij de mens in de huid onder invloed van daglicht (UV-B licht) 7-dehydrocholesterol gevormd. Dit is nodig voor de vorming van vitamine D3, dat essentieel is voor de absorptie van calcium en fosfor vanuit de darm (Matze, 1996). In een natuurlijk dieet voor vogels is vitamine D3 nooit in voldoende mate aanwezig. Echter vogels kunnen, net als de mens de voorloper van vitamine D3 (7-dehydrocholesterol) aanmaken wanneer ze blootgesteld worden aan zonlicht. Elf minuten direct zonlicht per dag schijnt hiervoor voldoende te zijn. Wanneer de dieren geen toegang hebben tot daglicht moet vitamine D3 aan het voer worden toegevoegd om de opname van calcium en fosfor uit het voer mogelijk te maken (anonymus, 2004a).

¹ ACTH, internationaal gebruikelijke afkorting van adrenocorticotroop hormoon. Dit hormoon zet de bijnierschors aan tot productie van bepaalde hormonen.



4. Hoe nemen kippen (dag)licht waar?

4.1 Lichtfrequentie

Kippen zien licht anders dan mensen. Niet alleen kunnen ze elektromagnetische golven waarnemen die wij niet kunnen zien, ook kan een vogel tot wel 250 beelden per seconde verwerken, terwijl de dat bij mens ophoudt bij 30 beelden per seconde (Thiele, 2004). Uit onderzoek blijkt dat licht afkomstig van fluorescerende lampen gedreven door 100 Hz door de kippen als flikkerlicht wordt ervaren. De onderzoekers pleiten voor vervolgonderzoek naar het gedrag en de productie van kippen in pluimveestallen die verlicht worden met hoog- en laag frequentie fluorescerende lampen (Nuboer et al, 1992).

In de praktijk wordt vaak gebruik gemaakt PLE energiezuinige lampen. Deze hebben een frequentie van 50 tot 60 Hz (mm Verbeek).

Of het licht als flikkering wordt waargenomen is naast de frequentie van het licht ook afhankelijk van de intensiteit van het licht (aantal lux). Bij een hogere lichtintensiteit is het verschil tussen de licht en donker fases van de flikkering groter, waardoor het licht eerder als een flikker wordt gezien.

4.2 Lichtkleur

Doordat pluimvee 4 typen kegeltjes² in het netvlies van het oog heeft en de mens maar drie typen, ziet pluimvee waarschijnlijk kleur anders dan de mens. Het lijkt er op dat pluimvee licht van verschillende lampsoorten als een andere intensiteit waarneemt de mens, omdat pluimvee gevoeliger is voor de blauwe en rode delen van het kleurenspectrum (figuur 1). Hoewel in de meeste experimenten kleureffect is verstrengeld met lichtsterkte, blijkt dat golflengte ongetwijfeld een effect heeft op productie en gedrag van pluimvee (Lewis and Morris, 2000).

Bij kalkoenen en kippen is de groei bij rood licht minder goed dan bij groen of blauw licht. Dit kan komen doordat vogels bij rood licht actiever en agressiever zijn dan vogels bij licht met een kortere golflengte. Aan de andere kant zorgt een gemakkelijker doordringen van lange golven in de hypothalamus³ ervoor dat rood licht meer een seksuele stimulans geeft dan groen of blauw licht. De hoeveelheid geproduceerde eieren blijkt echter minimaal beïnvloed te worden door de golflengte van het licht.

Disco in de pluimveestal

In een onderzoek is gekeken of kippen discontinuïteit van verlichting zien als flikkering door twee dieren te trainen in het kiezen tussen continu en discontinu licht. Als de dieren goed kozen, ging de frequentie met 5 Hz omhoog en fout leidde tot een verlaging van de frequentie met 10 Hz. De frequentie waarin de dieren het licht nog als flikkering zien, bleek 105 Hz te zijn (Nuboer et al, 1992).

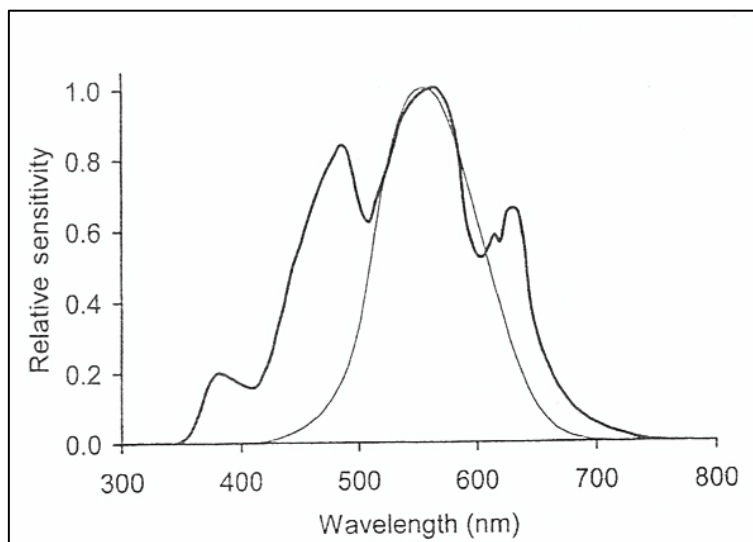
Kippen zijn gevoeliger voor flikkeringen dan mensen

In een proef (Taylor, 2002) werden 13 ISA Brown hennen getraind om tussen twee knopjes te kiezen. De één met een flikkerend lampje de ander met een constante lamp. Per hen werd vastgesteld wanneer ze geen verschil meer konden zien tussen beide lampjes bij 1, 10, 20, 50 en 100 lux door de flikker frequentie op te voeren. Hetzelfde is gedaan bij mensen. Bij 1, 10, 20 en 50 lux vonden ze geen significante verschillen tussen de kippen en de mens; bij 100 lux bleek de kip gevoeliger. Conclusie: bij een lichtsterkte boven de 100 lux oppassen. En verder als de verzorger een flikker ziet in de lamp kan de kip het zeker ook zien en dit kan stress en ongemak veroorzaken. De verzorger is maar even bij die lamp, de kip de hele dag. Vervangen dus!

² In het netvlies van het oog zitten de lichtgevoelige zintuigen; de kegeltjes, de staafjes en de zenuwcellen die impulsen naar het gezichtcentrum in de hersenen doorgeven. Met de kegeltjes kunnen de kleuren waargenomen worden (bron www.digischool.nl).

³ De hypothalamus is een onderdeel van de hersenen. Hierin bevinden zich regelcentra voor de werking van hormonen in het lichaam.





Figuur 1. Relatieve spectrale gevoeligheid van pluimvee (dikke lijn) en de mens (dunne lijn) (Lewis and Morris, 2000).

Het spectrum van vogels is veel breder dan dat van de mens (figuur 1). Pluimvee kan UV_A licht zien en ze ziet waarschijnlijk de kleuren anders dan de mens (zie vorige pagina). Hoe de onnatuurlijke kunstlicht omgeving invloed heeft op kleurperceptie, kan alleen verondersteld worden. Lichtsterkte kan voor het pluimvee met 30% variëren tussen gloei en TL lampen, terwijl wij hetzelfde aantal lux meten (Prescott, 1999b).

5. De invloed van (dag)licht op het gedrag en welzijn van kippen

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 hangt het effect van licht samen met vier kenmerken die kunnen variëren. Deze zijn de intensiteit van het licht, de helderheid, de lichtkleur en de lichtduur. Deze vier aspecten van verlichting zijn ook bepalend voor het gedrag en de fysiologie van pluimvee (Manser, 1996). In dit hoofdstuk zijn de studies die gevonden zijn in de literatuur, ingedeeld in de vier aspecten.

5.1 Lichtintensiteit

Het visuele systeem van pluimvee is in een omgeving met natuurlijk licht ontstaan. Deze omgeving verschilt in vele opzichten van het kunstlicht in pluimveestallen. De huidige verlichtingssystemen zijn voornamelijk ontworpen rond menselijke zicht en productie waarbij het zicht van de kip en de functionele ontwikkeling van gezichtsmogelijkheden tijdens de opfok uit het oog verloren zijn (Prescott, 1999b).

Een (te) lage lichtintensiteit in de stal is om de volgende redenen ongewenst (Davis et al., 1999):

- Het is moeilijk dan wel onmogelijk om bij een lage lichtintensiteit alle dieren te bekijken of te inspecteren.
- Lage lichtintensiteit kan een mate van gevoeligheid voor licht verminderen waardoor de voeropname afneemt.
- Lage lichtintensiteit kan een invloed hebben op de functionele ontwikkeling van het oog.
- Sterfte, pootproblemen en gekneusde karkassen komen in hogere mate voor bij gedempt licht.

In de praktijk wordt soms geadviseerd om de stal te verduisteren wanneer er sprake is van verenpikken. Dit lijkt echter meer een vorm van symptoombestrijding, dan een daadwerkelijke oplossing van het probleem. Verenpikken hangt namelijk samen met stress en die wordt niet weggenomen, de dieren worden hooguit wat inactiever. Vaak raken de dieren op den duur gewend aan de lagere lichtintensiteit en pikken dan alsnog.

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 heeft kunstlicht altijd een lagere intensiteit dan daglicht. Uit proeven blijkt dat kippen voor bepaalde activiteiten, met name eten en scharrelen, grote voorkeur hebben voor een hoge lichtintensiteit. Een variant met daglicht is echter in deze proeven helaas niet meegenomen.

Voorkeur voor helder licht

Wanneer leg- en vleeskuikens (6 weken oud) kunnen kiezen tussen ruimtes waarbinnen respectievelijk een lichtsterkte heerst van 6, 20, 60 en 200 lux, kiezen ze voor een hoge lichtintensiteit (200 lux) om te eten, te drinken en te bewegen en voor een lage lichtintensiteit (6 lux) om te rusten (Davis et al, 1999). Op 6 week leeftijd is er ook al een patroon te ontdekken in het gedrag van de dieren: tussen 23:00 uur en 10:00 uur zaten de meeste dieren bij 6 lux te rusten. Uit dit onderzoek, maar ook uit andere in dit artikel aangehaalde onderzoeken blijkt er een relatie te bestaan tussen lichtsterkte en activiteit van de dieren. Bij een hogere lichtintensiteit zijn de dieren actiever en eten en drinken ze meer (Davis et al, 1999). Verder blijkt uit onderzoek dat de kuikens veel moeite willen doen om bij een hoge lichtsterkte (200 lux) te kunnen eten (Prescott, 1999). Uit een onderzoek met leghennen bleek dat ook deze een grote voorkeur hebben om bij helder licht (200 lux) te eten (Prescott and Wathes, 2002). Verder lieten de hennen in dit onderzoek zien, dat ze erg gemotiveerd waren om bij helder licht te eten en er twee tot drie keer zo hard voor willen werken dan voor eten bij zwak licht.

Relatie lichtintensiteit in de opfok en verenpikken

In een onderzoek is gekeken naar het verenpik gedrag in relatie tot de lichtintensiteit in de stal gedurende zowel de opfok als de legperiode (Kjaer and Vestergaard, 1999). Hierbij werd een lichtintensiteit van 3 lux vergeleken met 30 lux. Hieruit blijkt dat bij een lage lichtintensiteit meer wordt verengepikt, dan bij een hogere lichtintensiteit. Het zogenaamde zacht verenpikken, wat niet schadelijk is, komt bij deze lage lichtintensiteit relatief meer voor dan bij de hogere lichtintensiteit. De effecten van lichtsterkte tijdens de opfok op verenpik gedrag verdwijnen gedurende de leg. In dit onderzoek is een lichtsterkte van 3 lux vergeleken met 30 lux. Echter 30 lux is nog steeds erg donker (vergelijk tabel 1, leeslicht 400 lux). Het is jammer dat in dit onderzoek geen variant met bijvoorbeeld 300 lux is meegenomen.

5.2 Lichtkleur (golflengte)

Lichtkleur en lichtintensiteit hebben invloed op de activiteit van de dieren en de verdeling van dieren over de stal (Rodenburg et al, 2003). Bij groen licht groeien vleeskuikens sneller. Bij rood en wit licht zijn de dieren actiever. Dit leidt tot minder pootproblemen. Als dieren de keus krijgen, blijken ze voorkeur te hebben voor blauw en soms voor groen licht.

Verder is gekeken naar het paringsgedrag van kippen bij een onderdeel van het ultraviolette licht, het UV_A licht. Dit licht kunnen mensen niet zien, vogels echter wel. In kunstlicht komt deze straling nagenoeg niet voor. Bij UV_A licht gelijk aan het niveau van daglicht neemt het aantal paringen toe, maar het aantal eieren en de levensvatbaarheid van de eieren niet. Verder neemt ook de tijd die hennen besteden aan het bestuderen van de hanen toe. Deze zogenaamde inspectieperiode is waarschijnlijk gerelateerd aan de partnerkeuze en deze wordt dus beïnvloed door de aanwezigheid van UV_Astraling in het licht (Prescott, 1999). Een ander onderzoek concludeert dat UV_A licht duidelijk betrokken is bij de overdracht van seksuele signalen of communicatie en dat het gevolgen kan hebben voor het welzijn en de productie van vleeskuikenouderdieren (Jones, 2001).

Kippen die gehouden worden zonder UV-licht hebben significant hogere basaal plasma corticosteron (stress hormoon) concentraties en zijn geneigd minder te exploreren dan kippen die onder volledig spectrum licht worden gehouden. Kippen die gehouden worden in volledig spectrum licht hebben een hogere stijging van corticosteron in hun bloed als reactie op stress dan kippen die zonder UV opgefokt waren (Maddocks e.a., 2001). Hieruit blijkt dat ze beter met stress situaties om weten te gaan en hier beter op reageren dan kippen die zonder UV-licht worden gehouden. In een vervolg onderzoek werd gekeken of de afwezigheid van UV golflengtes ook op lange termijn effect heeft op kippen die opgefokt werden bij volledig spectrum en licht zonder UV. Hieruit bleek dat volledig spectrum verlichting samen met regulier menselijk contact het stress niveau vermindert en daarmee het potentieel welzijn verbetert.

Licht vóór uitkomst

Blootstelling aan licht voor de geboorte heeft invloed op het verenpik gedrag van de kippen op latere leeftijd (Riedstra and Groothuis, 2004). In dit onderzoek werden de eieren een week voordat ze uitkwamen twee en een half uur blootgesteld aan een lichtbron van 100 W ongeveer 50 cm boven de eieren. Het bleek dat de dieren afkomstig uit de eieren blootgesteld aan licht op jonge leeftijd meer verenpikten dan de dieren afkomstig uit eieren die in het donker gehouden werden. Een verklaring hiervoor halen de onderzoekers uit het feit dat door de blootstelling aan licht de ontwikkeling van het deel van de hersenen dat geassocieerd wordt met sociale herkenning geremd wordt. Hierdoor zijn deze kippen angstiger en kunnen ze hun groepsleden minder makkelijk herkennen. Dit lokt blijkbaar meer verenpik gedrag uit.

5.3 Lichtbron

In een aantal onderzoeken zijn de effecten van verschillende lampsoorten (gloeilampen, daglichtlampen, verschillende soorten TL-lampen en natriumlampen) op de groei en ontwikkeling, de reproductie, het gedrag en het voerverbruik van vleeskuikens en kalkoenen bekeken. Uit deze onderzoeken bleek dat er weinig tot geen effect van de verschillende lampsoorten op de onderzochte parameters was (Rozenboim et al, 1999; Zimmerman, 1988; Leighton, e.a., 1989; Felts et al, 1992; Hulet et al, 1992; Denbow et al, 1990; Felts et al. 1990). Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de lichtintensiteit in de meeste onderzoeken erg laag was. Deze varieerde van 5 lux tot 166 lux.

Steeds meer worden ook in pluimveestallen gloeilampen vervangen door energie zuinige en langer meegaande lampen. Uit een overzicht van de reacties van pluimvee op verschillende soorten lichtbronnen blijkt dat het niet is aangetoond dat TL-licht of hoge druk natrium lampen onafhankelijk van lichtsterkte of speciale verdeling een consistent schadelijk effect heeft op groei, voerverbruik, reproductie, uitval, gedrag of levenskwaliteit heeft voor zowel leghennen als kalkoenen, noch bij de ei-productie van ganzen (Lewis, 1998). Er is een beperkte hoeveelheid data die suggereert dat het gebruik van fluorescerend licht zou helpen bij het afnemen van het aantal pootproblemen bij vleeskuikens. Omdat pluimvee fluorescerend licht

van lage frequenties zou zien als flikkering, lijkt dit niet bevorderlijk te zijn voor het dierwelzijn. Sommige componenten van natuurlijk licht, mogelijk ultraviolette straling, zouden voordelig zijn voor ei-productie bij pluimvee en kalkoenen.

5.4 Lichtperiode

Lichtschemata's kunnen van belang zijn bij de groeisnelheid van vleeskuikens en kalkoenen. Daarom hebben op dit gebied een heel aantal onderzoeken plaats gevonden. Hieruit blijkt dat kuikens sneller groeien, zich beter ontwikkelen en een beter verenkleed ontwikkelen als ze minstens 8 uur per etmaal in het donker worden gehouden (Rozenboim et al, 1999; Matter and Oester, 1995).

In sommige onderzoeken werd ook een variant met daglicht meegenomen, maar daar kwamen geen significante verschillen uit in vergelijking met kunstlicht (Matter and Oester, 1995). De lichtduur lijkt hierbij meer van invloed dan de lichtsoort.

Daglicht vs. kunstlicht

In een onderzoek met vleeskuikenouderdieren zijn twee licht regimes (afnemend daglicht, 800 lux en 9 uur kunstlicht (gloeilamp) 20 lux) en twee voerbehandelingen vergeleken (Brake, e.a., 1989). Korter licht (8 of 9 uur) met gloeilampen leidde tot hogere vruchtbaarheid en broedsheid en lager eigewicht en schaal percentage. De effecten op vruchtbaarheid kunnen te wijten zijn aan een hoger lichaamsgewicht gedurende de leg, aan daglicht, aan toegevoegd vet of aan relatieve veranderingen in lichtintensiteit en fotostimulatie.

Oriëntatie aan de hand van de zon

In een ander experiment werd getest of leghennen bij het zoeken naar voer zich oriënteren op de zon (Zimmerman, e.a., 2003). Elke dag was de voerdoos onvoorspelbaar verplaatst. 7 van de 8 dieren bewogen significant in de richting van het doel. Hieruit blijkt volgens de onderzoekers dat ook gedomesticeerde kippen zich oriënteren op de zon bij het vinden van voer. Dit feit zou consequenties kunnen hebben voor het welzijn van kippen die binnen worden gehouden zonder zonlicht. Uit een onderzoek van Maddocks et al. (2001) blijkt inderdaad dat kippen die gehouden worden in omstandigheden zonder UV-licht, een hoger niveau van stress hormoon in hun bloed hebben en minder exploreren.

5.5 Concluderend

Uit de literatuurstudie blijkt dat kippen een voorkeur hebben voor een hoge lichtintensiteit tijdens activiteit (eten, scharrelen etc.). In het onderzoek dat hiernaar gedaan is, was 200 lux de hoogste variant. Daglicht heeft echter nog een veel hogere intensiteit (zie tabel 1). Onbekend is of kippen qua intensiteit een voorkeur hebben voor daglicht boven kunstlicht met een intensiteit van 200 lux. Een ander verschil tussen kunstlicht en daglicht is dat daglicht ultraviolet (UV) licht bevat en kunstlicht niet. Het blijkt dat UV-licht het voortplantingsgedrag beïnvloedt. Verder zijn er indicaties dat de kippen die gehouden worden in UV-licht minder stress hebben en potentieel een beter welzijn dan kippen zonder UV-licht. De lampsoort blijkt weinig effect te hebben op een scala aan onderzochte kenmerken bij vleeskuikens en kalkoenen. Hierbij moet echter wel opgemerkt worden dat alle studies plaatsvonden bij een relatief lage lichtintensiteit (5-166 lux). Uit de studies naar het effect van lichtduur blijkt dat vleeskuikens beter groeien als ze minimaal 8 uur aaneengesloten in het donker worden gehouden. Verder blijkt dat kippen daglicht ook gebruiken ter oriëntatie op hun omgeving.

Adviezen voor de praktijk

- Donkere periodes moeten minimaal 6 tot 8 uur duren.
- Helder licht (licht met een hoge lichtintensiteit) moet gebruikt worden op plaatsen waar verenpikken en kannibalisme geen probleem is.
- Het is onwaarschijnlijk dat kippen bij 100 Hz nog flikkeringen zien, dus zorg ervoor dat de frequentie van de lampen minimaal 100 Hz is.
- UV licht kan welzijns voordelen hebben, maar hiernaar is nog onvoldoende onderzoek gedaan.
- Licht met een erg lage sterkte (< 1 lux) kan tijdens de opfok een negatieve effect hebben op de ontwikkeling van het oog (Prescott et al., 2003).



6. De beperkingen van kunstlicht

In eerste instantie is voor deze literatuurstudie gezocht naar informatie over de invloed van daglicht op de gezondheid van pluimvee en vogels in bredere zin. Omdat er op het gebied van kunstlicht versus daglicht nog weinig onderzoek verricht is op het gebied van pluimvee, werd het onderzoek uitgebreid naar andere diersoorten en de mens. Vooral bij de mens zijn veel onderzoeken gedaan naar de heilzame werking van daglicht op de gezondheid en het welbevinden in het algemeen. Mensen die bijvoorbeeld leiden aan depressies of voorjaarsmoetheid worden vaak erg geholpen met lichttherapie, waarbij ze één of meerdere uren per dag onder een daglichtlamp zitten.

Kippen houden van zonlicht

Volgens de paranormaal begaafde Marieke de Vrij houden kippen erg van zonlicht. Het geeft ze energie en het vergemakkelijkt de voeropname. Daglicht stimuleert de zoekcapaciteiten van hennen (Meyer and de Vrij, 2005). Ook de hoeveelheid en de kwaliteit van de biofotonen in eieren afkomstig van kippen die beschikking hebben over zonlicht zou stukken hoger liggen dan die in eieren afkomstig van kippen die binnen gehouden worden.

Effect van licht op levensprocessen

De Amerikaanse filmmaker en onderzoeker John Ott heeft veel onderzoek gedaan naar de verschillen in het effect van kunstlicht en dat van daglicht op levensprocessen. Hij vergeleek de effecten van de zogenaamde Ott-lamp (daglicht-lamp), met die van ander ('gewoon') TL-licht. Volgens het onderzoek van John Ott leggen kippen langer, blijven ze gezonder (geen kippengriep) en vertonen ze geen kannibalisme bij een daglichtlamp. Bovendien zouden de eieren 20-40% minder cholesterol bevatten dan wanneer de kippen bij gewoon TL-licht worden gehouden. Er bestaat echter twijfel over de betrouwbaarheid en het wetenschappelijke niveau van zijn onderzoeken (Matze, 1996).

Een aantal onderzoekers wijst er op dat (zon-) licht een belangrijke rol speelt als schepper van ordening en structuur in alle leven. Daarom heeft dit volgens hen ook een grote invloed op de kwaliteit van leven voor mens en dier. Verder blijkt dat daglicht een positief effect heeft op de productiviteit van mensen, dat het de tevredenheid over het werk bevordert en het ziekteverzuim vermindert (Figueiro e.a., 2004; Leslie, 2003). Daglicht heeft een zeer belangrijke rol in de regulatie van het menselijk gedrag, inclusief de slaap - wakker zijn cyclus en seizoensdepressies. Verder blijkt uit onderzoek dat de onderdrukking van het slaaphormoon melatonine wordt beïnvloed door blootstelling aan lichtniveau's gelijk aan daglicht.

Medisch onderzoek heeft aangetoond dat voortdurend gebrek aan daglicht gezondheidsproblemen kan veroorzaken variërend van slaap en prestatie problemen tot depressies (Begemann, e.a., 1997). Hieruit blijkt volgens de onderzoekers dat slechte verlichting de oorzaak is van vele gezondheids en prestatie problemen.

Daglicht doet de verkoop stijgen

In een onderzoek is aangetoond dat de aanwezigheid van daglicht de verkoop in supermarkten met 40% doet stijgen. Het is echter niet helemaal duidelijk of deze stijging geheel aan de aanwezigheid van daglicht te danken is gezien het feit dat de plafonds van de supermarkten met daglicht hoger waren dan die zonder daglicht en de verlichtingssterkte hoger.

Kunstlicht veroorzaakt stress bij de mens

Bij de mens is een onderzoek gedaan naar de invloed van kunstlicht op gezonde personen. Hierbij is kunstlicht met een hoge lichtsterkte (3500 en 3200 lux) met een aanzienlijk verschillend spectrum dan daglicht vergeleken met kunstlicht met een minimaal verschillend spectrum dan daglicht (Hollwich and Dieckhues, 1980). De personen uit de eerste groep hadden op stress lijkende niveaus van ACTH en cortisol in hun bloed. Deze resultaten verklaren aldus de auteurs het verstoorde mentale en fysische gedrag van kinderen die de hele dag in school zijn, verlicht met kunstlicht met een sterk spectrum verschil met daglicht. Dus, om mentale en fysische veranderingen te voorkomen moet het spectrum van kunstlicht grotendeels overeenkomen met dat van daglicht.



7. Het effect van daglichtlampen

Er zijn verschillende soorten daglichtlampen in de handel die allen het daglicht zoveel mogelijk proberen te imiteren. Het overkoepelende kenmerk van de verschillende soorten daglichtlampen is dat ze net als zonlicht UV-licht uitzenden.

Naar het effect van daglichtlampen op productie, gezondheid en welzijn van kippen, vogels en dieren in het algemeen is tot nu toe nog weinig onderzoek gedaan. Wel zijn er een paar praktijkervaringen en blijkt uit onderzoek met hagedissen dat kunstlicht met UV_A licht, daglicht niet kan vervangen.

Volgens een producent van daglichtlampen evenaren deze lampen het volle spectrum van daglicht. De kippen zouden 5% meer eieren leggen en langer door leggen. Kanibalisme zou grotendeels of geheel verdwijnen (Anonimus, 2004b). Bij de positieve effecten van daglichtlampen die genoemd worden, moet echter altijd de vraag gesteld worden, ten opzichte waarvan? Het is niet zo dat een goed presterend koppel ineens een paar procent meer gaat leggen door deze lampen. En ook niet dat een koppel stopt met pikkerij als de lampen geïnstalleerd worden.

Naar het effect van daglichtlampen op de gezondheid en het welzijn van leghennen is nog onvoldoende onderzoek gedaan. Biologische leghennen komen in de uitloop zo wie zo in aanraking met daglicht. Voor deze groep dieren zal een effect daarom lastig aan te tonen zijn. Jonge hennen in de warme opfok, komen op sommige bedrijven helemaal niet in aanraking met daglicht. Een meetbaar effect van daglichtlampen zou in deze groep te verwachten zijn.

Ultraviolet kunstlicht geen vervanging voor daglicht?

Uit onderzoek bij hagedissen blijkt echter dat ultraviolet kunstlicht misschien geen adequate vervanging is voor daglicht (Christopher e.a., 2001). De hagedissen die onder ultraviolet kunstlicht werden gehouden hadden significant minder vitamine D in hun bloed en in de eieren dan dieren die onder daglicht werden gehouden. Deze dieren lijken afhankelijk te zijn van blootstelling aan ongefilterd, natuurlijk zonlicht voor de productie van vitamine D via de huid. De tot nu toe aanbevolen technieken voor vitamine D verstrekking via het voer en de voorziening van ultraviolet kunstlicht lijken geen adequate substituten voor zonlicht voor het onderhouden van de vitamine D status. Blootstelling aan natuurlijk zonlicht met tussenpozen lijkt voldoende te zijn voor het handhaven van de vitamine D status bij volwassen dieren, maar een hogere blootstelling aan zonlicht lijkt vereist wanneer er grote behoefte is aan calcium en vitamine D, zoals gedurende botontwikkeling en reproductie.



8. Conclusies

- Als men spreekt over licht spelen zowel de lichtsterkte (hoeveelheid lux) de lichtkleur (golflengte) de lichtfrequentie (hoeveelheid Hz) en de duur van blootstelling aan licht een belangrijke rol. Deze factoren bepalen samen het effect van licht.
- Onder invloed van daglicht wordt bij mens en dier het levensritme bepaald. Hierdoor 'weet' het lichaam wanneer het dag en nacht is, maar wordt ook het seizoensritme bepaald.
- Kippen zien licht anders dan mensen. Kippen zien de kleuren anders, ze kunnen bijvoorbeeld ook ultraviolet licht zien en kippen zien licht met een frequentie lager dan 100 Hz als een flikkering.
- Tijdens activiteit (eten, scharrelen etc.) hebben kippen voorkeur voor een hoge lichtsterkte.
- Ultraviolet licht heeft bij kippen een positief effect op het paringsritueel en het vermindert stress.
- De lampsoort (gloeilamp, TL-lamp, hoogfrequentie lamp) lijkt bij een lage lichtintensiteit weinig effect te hebben op de productie en gezondheid van pluimvee.
- Over het effect van daglicht op pluimvee is weinig bekend.
- Bij de mens heeft daglicht een positief effect op de productiviteit en de tevredenheid.
- Daglichtlampen proberen daglicht te imiteren.
- In hoeverre daglichtlampen de positieve effecten van daglicht kunnen bewerkstelligen is tot nog toe niet eenduidig uit onderzoek gebleken.



Literatuurlijst

Anonimus, 2004a, www.exoticflocks.com

Anonimus, 2004b, www.naturalite.nl

Beek, G van, 2005, mondelinge mededeling directeur elektronisch bureau van Beek te Voorthuizen.

Begemann, S.H.A., G.J. van den Beld and A.D. Tenner, 1997, Daylight, artificial light and people in an office environment, overview of visual and biological responses. International Journal of Industrial Ergonomics Volume 20, Issue 3, September 1997, pp. 231-239.

Biewenga, G., A. Winkel, 2003, Licht nader belicht; effect van licht op dierprestaties en gedrag van melkvee. PraktijkRapport Rundvee 34, Augustus 2003.

Brake, J., J.D. Garlich, G.R. Baughman, 1989, Effects of lighting program during the growing period and dietary fat during the laying period on broiler breeder performance. Poultry Science 1989 Sept; 68(9): 1185-1192.

Christopher J.L., A. Trube, G.M. Shea and D.R. Fraser, 2001, The requirement for natural sunlight to prevent vitamin D deficiency in Inguanian lizards. Journal of Zoo and Wildlife Medicine 32(3) 342-348.

Davis, N.J., N.B. Prescott, C.J. Savory and C.M. Wathes, 1999, Preferences of growing fowls for different light intensities in relation to age, strain and behaviour. Animal Welfare 1999, 8: 193-203.

Denbow, D.M., A.T. Leighton and R.M. Hulet, 1990, Effect of light sources and light intensity on growth performance and behaviour of female turkeys. British Poultry Science 1990 Sept; 31 (3): 439-445.

Felts, J.V., A.T. Leighton Jr, D.M. Denbow, R.M. Hulet, 1992, Effects of light sources and the presence or absence of males on reproduction of female breeder turkeys. Poultry Science 1992Nov; 71 (11): 1817-1822.

Felts, J.V., A.T. Leighton Jr, D.M. Denbow and R.M. Hulet, 1990, Influence of light sources and reproduction of large white turkeys.

Figueiro, M.G., M.S. Rea, A.C. Rea, 2004, Daylight and productivity – a positive link to circadian regulation. Rensselaer Polytechnic Institute, USA.

Hollwich, F. and B. Dieckhues, 1980, The effect of natural and artificial light via the eye on the hormonal and metabolic balance of animal and man. Ophthalmologica. 1980; 180(4): 188-197.

Hulet, R.M., D.M. Denbow, A.T. Leighton Jr, 1992, The effect of light source and intensity on turkey egg production. Poultry Science 1992 Aug; 71 (8): 1277-1282

Jones, E.K.M., N.B. Prescott, P. Cook, R.P. White and C.M. Wathes, Ultraviolet light and mating behaviour in domestic broiler breeders. British Poultry Science (2001) 42: 23-32.

Kjaer, J.B. and K.S. Vestergaard, 1999, Development of feather pecking in relation to light intensity. Applied animal behaviour science 62 (1999) 243-254.

Leighton, A.T., R.M. Hulet and D.M. Denbow, 1989, Effect of light sources and light intensity on growth performance and behavior of male turkeys. British Poultry Science 1989 Sept; 30 (3): 563-574.

Leslie, R.P., 2003, Capturing the daylight divided in buildings: why and how? Building and environment Volume 38, Issue 2 February 2003, 381-385.

Lewis, P.D. and T.R. Morris, 1998, Responses of domestic poultry to various light sources, World's Poultry Science Journal, Vol. 54, March 1998 pp. 7-25.



Lewis, P.D. and T.R. Morris, 2000, Poultry and coloured light. *World's Poultry Science Journal*, Vol. 56, September 2000 pp. 189-207.

Maddocks, S.A., I.C. Cuthill, A.R. Goldsmith and C.M. Sherwin, 2001, Behavioural and physiological effects of absence of ultraviolet wavelengths for domestic chicks. *Animal behaviour*, 2001, 62, 1013-1019.

Manser, C.E., 1996, Effects of lighting on the welfare of domestic poultry: a review. *Animal Welfare* 1996, 5: 341-360.

Matter, F., and H. Oester, 1995, Einfluss verschiedener Lichtprogramme auf Kondition und Verhalten von Masthühnern. *Schweiz Arch Tierheilkd.* 1995; 137(4):141-148.

Matze, M., 1996, Licht & Gezondheid. Een probleemverkennde studie. Louis Bolk instituut Driebergen. 25 blz.; 19 ref.

Meyer, H. and M. de Vrij, 2005, Free range outside, or not? A spiritual point of view. Proceedings of the workshop 'Should hens be kept outside?' Nijmegen, april 2005.

Molenaar, J.G. de, 2003, Lichtbelasting. Overzicht van de effecten op mens en dier. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 778. 72 blz.; 52 ref.

Nuboer, J.F.W., M.A.J.M. Coemans and J.J. Vos, 1992, Artificial lighting in poultry houses: do hens perceive the modulation of fluorescent lamps as flicker? *British Poultry Science* (1992) 33: 123-133.

Prescott, N.B., C.M. Wathes and J.R. Jarvis, 2003, Light, vision and the welfare of poultry. *Animal Welfare* 2003, 12: 269-288.

Prescott, N.B. and C.M. Wathes, 2002, Preferences and motivation of laying hens to eat under different illuminances and the effect of illuminance on eating behaviour. *British Poultry Science* (2002) 43: 190-195.

Prescott, N., 1999, Lighting Poultry houses: Part II The Behaviour of birds incorporated into novel lighting systems. *World Poultry* volume 15. No 6. '99: 24-25.

Prescott, N.B. and C.M. Wathes, 1999b, Spectral sensitivity of the domestic fowl (*Gallus g. domesticus*). *British Poultry Science* (1999) 40: 332-339.

Riedstra, B. and T.G.G. Groothuis, 2004, Prenatal light exposure affects early feather pecking behaviour in the domestic chick. *Animal Behaviour* (2004) 67:6 1037-1042.

Rodenburg, T.B., J. van Harn en J.H. van Middelkoop, 2003, Effect van verlichting op welzijn van vleeskuikens. Een kleurrijk bestaan. *Pluimveehouderij* 33^e jaargang 22 november 2003.

Rozenboim, I., B. Robonzon and A. Rosenstrauch, 1999, Effect of light source and regimen on growing broilers. *British Poultry Science* 1999, Sept; 40 (4): 452-457.

Taylor, N.R., N.B. Prescott, J.R. Jarvis and C.M. Wathes, 2002, Can domestic fowl detect the flicker of fluorescent lights? *British Poultry Science* 2002 Dec; 43 (5): S13-S14.

Thiele, H.H., 2004, Waarom licht zo belangrijk is voor onze leghennen. *Lohmann poultry news*. No. 9 - 12/2004.

Zimmerman, P.H., S.J. Pope, T. Guilford and C.J. Nicol, 2003, Navigational ability in the domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*). *Applied Animal Behaviour Science* 80 (2003) 327-336.

Zimmerman, N.G., 1988, Broiler performance when reared under various light sources. *Poultry Science* 1988 Jan;67 (1): 43-51.

