

PROEFBEDRIJF PLUIMVEEHOUDERIJ VZW
Departement Welzijn, Economie
en Plattelandsbeleid
Poel 77 - 2440 Geel

Gezonde vleeskuikens door een optimale ventilatie



Provincie
Antwerpen

KU LEUVEN

COLOFON

Dit demonstratieproject werd mogelijk gemaakt met financiële steun van:



Europees Landbouwfonds
voor Plattelandsontwikkeling
Europa investeert
in zijn platteland



Vlaanderen
verbeelding werkt

en werd gerealiseerd door de partners:



**Provincie
Antwerpen**

Proefbedrijf Pluimveehouderij vzw
Poel 77 | 2440 Geel



KU Leuven | Thomas More - groep Dier & Welzijn
Kleinhoefstraat 4 | 2440 Geel

Deze eindbrochure van het demonstratieproject 'Gezonde kuikens door een optimale ventilatie' is beschikbaar bij de projectpartners en te raadplegen via www.provincieantwerpen.be/proefbedrijf, in de rubriek "Publicaties".

Auteurs:

- Kris De Baere
- Hannelore Strauven
- Jos Van Thielen
- Sanne Van Beirendonck
- Bert Driessen

Verantwoordelijke uitgever: Johan Zoons, directeur
Depotnummer: D/2016/0180/33

Departement Welzijn, Economie en Plattelandsbeleid
EVAP Proefbedrijf Pluimveehouderij VZW
Poel 77 – 2440 Geel
Telefoon: 014 56 28 70
Fax: 014 56 28 71
e-mail: proefbedrijf@provincieantwerpen.be
www.provincieantwerpen.be
Ondernemingsnummer: BE 0841.556.855

Het Proefbedrijf Pluimveehouderij vzw en de KU Leuven - groep Dier & Welzijn zijn niet aansprakelijk voor eventuele schade die voortvloeit uit het gebruik van de informatie in deze brochure.

Gegevens uit deze brochure mogen overgenomen worden mits bronvermelding.

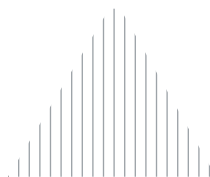
Hoe optimaler het stalklimaat, hoe beter het bedrijfsresultaat

Klinkt logisch, maar in de praktijk is dit voor een vleeskippenhouder een continue uitdaging. Binnen én buiten een vleeskippenstal spelen verschillende processen die een rechtstreekse impact hebben op het stalklimaat. Het is de kunst om al deze processen tijdig te herkennen, goed in te schatten en op elkaar af te stemmen. De vleeskippenhouder kan hierbij gebruik maken van verschillende sensoren binnen de stal. Maar vaak zegt wat hij zelf ziet en ervaart veel meer dan technologie alleen.

In deze brochure overlopen we de processen die aan de basis liggen van een optimaal bedrijfsklimaat. We leggen uit wat ze inhouden, waarom ze belangrijk zijn en welke impact ze hebben op de vleeskuikens en/of het stalklimaat. We beginnen hierbij bij de noden van de dieren in een stalomgeving. Vervolgens bekijken we wat leeft in én buiten de stal. We hebben het onder meer over inkomende en uitgaande lucht, maar ook over externe factoren zoals wind en hitte. Op het einde keren we terug naar de kippen en overlopen we welke impact een optimaal stalklimaat heeft op hun groei en gezondheid.

Veel leesplezier!





Inhoud

Waarom ventileren?	6
Afvoer van gassen, vocht, warmte en stof is noodzakelijk	7
Gewenste kuikentemperatuur	9
Kuikentemperatuur	9
Regeling lichaamstemperatuur en warmteproductie	10
Gevoelstemperatuur en luchtsnelheid	13
Gewenst stalklimaat	13
Klimaat op dierniveau	13
Temperatuur en relatieve vochtigheid	14
Gevoelstemperatuur en luchtsnelheid	18
Optimale klimaatregeling	23
In de stal	23
Minimale en maximale ventilatiecapaciteit	
Capaciteit van de ventilatoren	
Luchtverdeling, -patroon en -snelheid	
Externe factoren	30
Veranderend buitenklimaat	
Wind	
Hittestress	
Uitgaande lucht: verwijderen van warmte, vocht en CO ₂ -balans	34
Inkomende lucht: Conditionering van inkomende lucht	37
Koeling	
Nevelkoeling	
Padkoeling	
Koeling m.b.v. warmtewisselaar	
Verwarming	
Warmtewisselaar lucht-lucht	
Warmtewisselaar water-lucht	
Impact op het klimaat op dierniveau	
Pad koeling	
Verwarming	
Optimale prestaties van de dieren	51
Demoproeven	51
Besluit	57

Waarom ventileren?

In een vleeskippenstal vind je snelgroeiende kuikens. Zij brengen via hun ademhaling veel CO₂ en vocht in de lucht. Tegelijkertijd produceren ze heel veel warmte. Ventilatie helpt om die warmte, vocht en gassen (CO₂, NH₃, ...) af te voeren en zuurstof aan te voeren. Zo wordt de stallucht continu ververs.

Een goede ventilatie zorgt voor de juiste temperatuur en luchtkwaliteit op dierniveau. Daarnaast mag er geen tocht of te snelle luchtbeweging op dierniveau ontstaan. Heel belangrijk is de luchtverdeling en het luchtpatroon. Dit is de manier waarop de lucht in de stal binnenkomt, zich verder verspreidt over de stal en zich mengt met de stallucht. Wanneer deze goed op elkaar zijn afgesteld, bekom je optimale prestaties van de dieren én voorkom je ziektes en problemen zoals ademhalingsproblemen, verhoogde uitval, verminderde groei, slechte strooiselkwaliteit met veel voetzool- en hakaantastingen en meer bevuiling.

Voor een optimaal bedrijfsrendement is het belangrijk om, naast het behalen van optimale dierprestaties, ook de kosten van de ventilatiesystemen te beheersen. Denk maar aan de investeringskosten, het energieverbruik en de onderhoudskosten. Die laatste zijn essentieel voor het rendement van het systeem. Een slecht onderhouden of sterk vervuilde ventilator verliest al snel een aanzienlijk percentage aan debiet en heeft een hoger energieverbruik.

In de toekomst zullen ook volgende aspecten steeds belangrijker worden:

- Zuinig omspringen met energie en grondstoffen (bv. beperken van energieverliezen, warmterecuperatie, gebruik van hernieuwbare/ groene energie, warmteopslag)
- Beperken van de uitstoot van schadelijke stoffen (bv. ammoniak, stof, geur, ...)



Ventilatoren zorgen voor luchtverversing in de stal

Afvoer van gasen, vocht, warmte en stof is noodzakelijk

Het afvoeren van de gasen geproduceerd door de dieren is één van de drijfveren voor de ventilatie. De belangrijkste gasen in een pluimveestal zijn:

- **CO₂** (koolstofdioxide) is een geur- en kleurloos gas dat in de buitenlucht voorkomt in een concentratie van ca. 380 ppm (0,038%). Via de ademhaling van de dieren komt er in de stal veel CO₂ vrij. Concentraties van 5000 ppm veroorzaken bij de mens al snel hoofdpijn. Als wettelijke norm is vastgelegd dat de CO₂-concentratie onder de 3000 ppm moet blijven.
- **NH₃** (ammoniak) is een gas dat gevormd wordt in de strooisellaag (uit de omzetting van o.a. urinezuur en onverteerde stikstof in de mest). Ammoniak is een schadelijk, sterk ruikend en irriterend gas dat reeds bij concentraties van 20-25 ppm schadelijk is voor mens en dier. Het tast de slijmvliezen aan en prikkelt de ogen. Vanaf ongeveer 10 ppm kunnen we ammoniak ruiken. Bij heel hoge concentraties is ammoniak ook giftig. Dergelijke hoge concentraties komen niet voor in pluimveestallen. Ammoniak is een 'broeikasgas' en draagt bij tot de verzuring van het milieu. Ammoniak emissiereducerende stalsystemen zijn reeds verplicht bij nieuwbouw of verbouwing. Naar de toekomst worden bijkomende maatregelen voorzien in het kader van het IHD-PAS (instandhoudingsdoelstellingen - programmatorische aanpak stikstof).
- **CO** (koolstofmonoxide) is een zeer gevaarlijk gas, dat reeds bij de lage concentratie van 50 ppm dodelijk is. CO kan ontstaan in het verwarmingssysteem (bv. een slecht afgestelde petroleumbrander) bij gebrek aan voldoende zuurstof. Laat deze toestellen regelmatig onderhouden en zorg voor een goede afstelling.

Gas	Wettelijke maximale concentratie op dierniveau (ppm) ¹	Maximaal toelaatbaar gehalte (ppm) ²	Basiseisen klimaat (ppm) ³
NH ₃	< 20	< 10-20	< 25
CO ₂	< 3000	< 3000	< 2500
CO			geen

¹ EU-richtlijn 2007/43/EG m.b.v. welzijn van vleeskippen (KB 13/06/2010 tot vaststelling van de minimumvoorschriften voor de bescherming van vleeskuikens

² Klimaatplatform Pluimveehouderij

³ boek Vleeskuikensignalen

Tabel 1: Normen voor gasen in de stallucht

Naast deze gassen bevat lucht ook vocht, warmte en stof, die via de ventilatie afgevoerd worden.

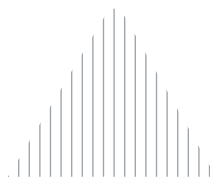
- **Vocht:** De kuikens brengen vooral via de ademhaling veel extra vocht in de stallucht. De luchtvochtigheid wordt uitgedrukt in % relatieve vochtigheid (RV). Dit is de mate waarin de lucht verzadigd is met water. De hoeveelheid vocht die lucht maximaal kan bevatten is echter sterk afhankelijk van de temperatuur. Hoe hoger de temperatuur, hoe meer vocht de lucht kan bevatten. Het RV% alleen zegt dus weinig over hoeveel vocht er afgevoerd kan worden via de ventilatie.

De hoeveelheid vocht die afgevoerd wordt via de ventilatie, is afhankelijk van zowel de temperatuur en vochtigheid van de buitenlucht als van de temperatuur en relatieve vochtigheid in de stal. Daarnaast speelt ook de verdamping van vocht via de ademhaling, de uitscheiding (mestkwaliteit), de wateropname en eventuele watervermorsing een rol.

- **Warmte:** Bij de aankomst van de kuikens worden de stallen opgewarmd tot een hoge temperatuur (33 tot 36 °C). De kuikens hebben deze hoge temperatuur nodig om hun eigen lichaamstemperatuur op peil te kunnen houden. Om warmteverliezen te beperken, is het belangrijk om in deze periode niet meer te ventileren dan noodzakelijk voor een goede luchtkwaliteit. Wanneer de kuikens ouder worden, mag de temperatuur dalen en gaan de kuikens meer vocht en warmte afgeven aan de omgeving. Daarop zal de ventilatie aangepast moeten worden.
- **Stof:** In elke kippenstal is stof aanwezig. Het is veelal afkomstig van veren, voeder, mest en strooisel, schimmels en andere organismen. Het stof kan bacteriën en virussen overdragen. De stofconcentratie en de grootte van de stofdeeltjes bepalen de schadelijkheid. Hoe kleiner de stofdeeltjes, hoe schadelijker voor mens en dier.

Voor de pluimveehouder is het belangrijk om zich te beschermen tegen de hoge stofconcentraties in de stal. De kleine stofdeeltjes kunnen immers tot diep in de luchtwegen doordringen en op die manier ernstige luchtwegaandoeningen veroorzaken. Op termijn kan dit aanleiding geven tot ernstige longproblemen (o.a. stoflong). Het dragen van een stofmasker in de stal is aangewezen.

Naast de effecten van stof in de stal op mens en dier, gaat er ook meer en meer aandacht naar de emissie van fijn stof in de omgeving. Via de ventilatie wordt veel stof afgevoerd uit de stal en uitgestoten naar de omgeving. Mogelijks zullen in de toekomst maatregelen opgelegd worden om de emissie van fijn stof naar de omgeving te beperken.



Gewenste kuikentemperatuur en stalklimaat

Een optimale klimaatregeling vertrekt vanuit het kuiken en zijn omgeving. Naast water en voeder heeft een kuiken vooral een optimale temperatuur nodig om te kunnen groeien. Als pluimveehouder is het belangrijk om te weten hoe de lichaamstemperatuur van een kuiken evolueert en van welke factoren deze afhankelijk is.

Kuikentemperatuur meten

Met een digitale thermometer kan je de lichaamstemperatuur van de kuikens vlot meten. Steek de thermometer 2 cm diep in het rectum voor een correcte meting. Je kan ook de temperatuur meten met een oorthermometer, maar deze meting is minder nauwkeurig. De optimale kuikentemperatuur is 40,5 °C tijdens de eerste dagen, daarna ligt de normale temperatuur tussen 41 en 41,5 °C.



De kuikentemperatuur kan je meten met een digitale koortsthermometer of oorthermometer

Kuikentemperatuur

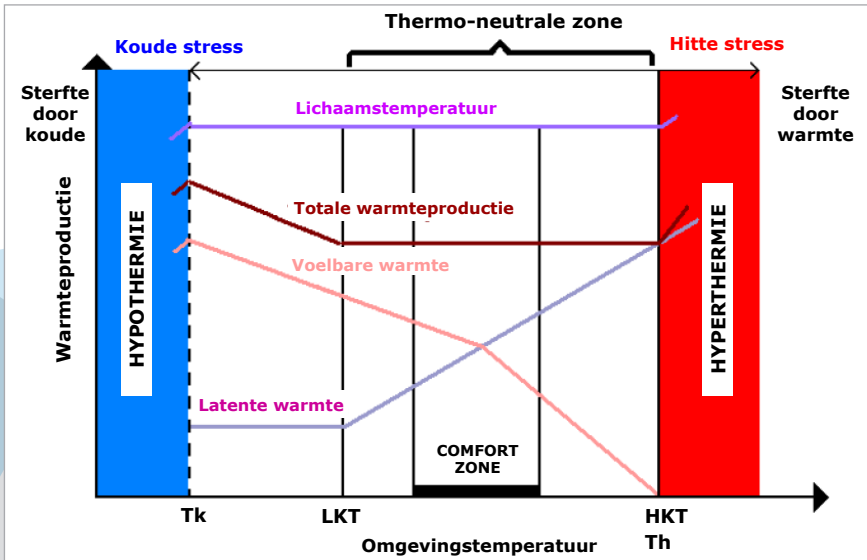
Jonge kuikens hebben warmte nodig. Ze zijn afhankelijk van de omgevingswarmte om hun lichaamstemperatuur op peil te houden. Pas na 4 à 5 dagen kunnen de kuikens zelf hun lichaamstemperatuur goed regelen.

Kleine ééndagskuikens, afkomstig uit broedeieren van jonge moederdieren, hebben meer warmte nodig dan zwaardere kuikens (van oudere moederdieren). Weeg de kuikens bij aankomst in de stal en vraag op voorhand bij de broeierij de leeftijd van de moederdieren. Zo kun je de opwarming van de stal en de temperatuur bij de opzet aanpassen aan de herkomst van de kuikens. Bij kleine kuikens stel je de temperatuur best 1 tot 2 graden hoger in.

Oudere vleeskuikens produceren zelf veel warmte, die ze moeten kunnen afgeven aan de omgeving. Als ze hun warmte niet kwijt raken, gaan ze minder eten en minder groeien. Bij heel hoge temperaturen kunnen de dieren oververhit raken en sterven door hittestress. Naast de temperatuur zijn ook de luchtvochtigheid en lichtsnelheid bepalend voor hoeveel warmte de kuikens kunnen afgeven. Pas het ventilatiedebiet hierop aan.

Regeling lichaamstemperatuur en warmteproductie

Net zoals mensen, varkens en runderen kunnen kippen hun eigen lichaamstemperatuur binnen bepaalde marges zelf regelen. Dit wordt 'thermoregulatie' genoemd.



Schematisch overzicht van de thermoregulatie

In de temperatuurzone tussen T_k en T_h (aangeduid op de figuur) kunnen de kippen hun eigen lichaamstemperatuur constant houden. Er is hier een evenwicht tussen de hoeveelheid warmte die de dieren produceren en de hoeveelheid warmte die ze afgeven aan de omgeving. Deze balans is sterk afhankelijk van de omgevingstemperatuur. Onder een uiterste lage omgevingstemperatuur (T_k) zal hun lichaamstemperatuur dalen door onderkoeling (hypothermie). Boven een maximumgrens (T_h) zal hun lichaamstemperatuur stijgen door oververhitting (hyperthermie). Wanneer een te lage of te hoge omgevingstemperatuur blijft duren, zullen de dieren sterven.

De temperatuurzone tussen T_k en T_h kan verder ingedeeld worden in:

- **thermoneutrale zone:** dit is de zone tussen een laagste en hoogste kritieke temperatuur (LKT en HKT op de figuur). In deze zone is de warmteproductie van de dieren constant.
- **comfortzone:** dit is een deel van de thermoneutrale zone waar de omstandigheden optimaal zijn. Hier kunnen de dieren met minimale moeite hun lichaamstemperatuur constant houden. Buiten deze zone kunnen de dieren hun temperatuur nog constant houden, maar moeten ze hiervoor meer moeite doen (bv. via versnelde ademhaling, aanpassing liggedrag).
- onder de laagste kritieke temperatuur (tussen T_k en LKT) moeten de dieren hun warmteproductie verhogen om de warmteverliezen te compenseren en hun lichaamstemperatuur op peil te houden. De energie die ze hiervoor nodig hebben, kunnen ze niet gebruiken voor hun groei en/of productie.

De dieren kunnen ook hun voederopname aanpassen in functie van de omgevingstemperatuur. Zo zullen ze bij hoge buitentemperaturen minder gaan eten. Hierdoor daalt de specifieke warmteproductie verbonden aan de voederopname, vertering en metabolische processen.

Op het schema worden geen exacte temperaturen weergegeven. De temperaturen T_k , T_h , LKT en HKT, de thermoneutrale zone en de comfortzone zijn immers geen vaste waarden, maar zijn variabel en afhankelijk van heel wat factoren:

- **Dierspecifiek:** de waarden zijn verschillend voor mens, rund, varken, kip, ...
- **Leeftijdsgebonden:** bij een kuiken dat pas uit het ei komt is de comfortzone voor de omgevingstemperatuur niet alleen veel smaller (gemiddeld 2 °C ten opzichte van 6 °C bij een volwassen kip), maar ligt deze zone ook bij een veel hogere temperatuur.
- **Voederopname:** bij hoge temperaturen gaan kippen minder eten om zo hun eigen warmteproductie aan te passen.
- **Klimaat:** luchtvochtigheid en luchtsnelheid beïnvloeden het 'warmtegevoel' van het dier of de 'gevoelstemperatuur'.
 - Bij een hoge luchtsnelheid verliezen de dieren meer warmte aan de omgeving. De dieren ervaren meer luchtbeweging als kouder.
 - Bij een lage RV is een hogere staltemperatuur nodig om de kuikens hetzelfde 'warmtegevoel' te geven.

Bij kleine kuikens moet de luchtsnelheid op dierniveau beperkt blijven en kan je het warmtegevoel bijsturen op basis van de RV. Op het einde van de ronde bij zware kuikens kunnen deze effecten wel ingezet worden om hittestress te vermijden.

Warmteproductie:

De totale warmte, die mensen en dieren produceren als gevolg van lichaamsprocessen, bestaat uit de som van 'latente warmte' en 'voelbare warmte'. Om een constante lichaamstemperatuur te behouden, moet er een evenwicht zijn tussen de warmteproductie en warmteverliezen/afgifte.

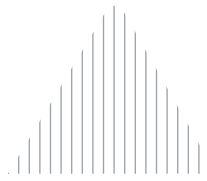
- Latente warmteafgifte zijn verliezen via ademhaling (respiratie), afgifte van damp via de huid (perspiratie) en transpiratie.
- Voelbare warmte wordt afgegeven via stroming (convection), straling (radiatie), geleiding (conductie) en ook respiratie.

De latente warmteafgifte of evaporatieve verliezen zijn bij lage temperaturen laag en vrij constant. Vanaf een bepaald punt gaan deze lineair toenemen bij oplopende omgevingstemperaturen.

De voelbare warmteafgifte neemt tussen T_k en T_h continu af bij stijgende temperatuur.

Specifiek voor kippen geldt het volgende: kippen kunnen niet zweten (transpiratie) en hun lichaam is bedekt met veren, dit maakt dat kippen voor de afgifte van warmte en vocht sterk aangewezen zijn op de ademhaling (respiratie). Naast de temperatuur zijn ook de relatieve vochtigheid en luchtsnelheid hierbij heel belangrijk.



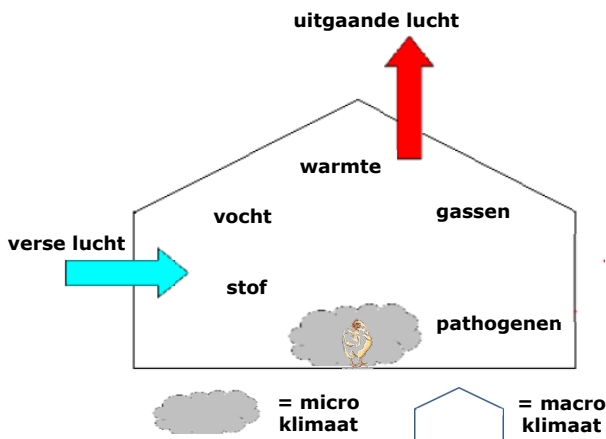


Gewenste stalklimaat

Klimaat op dierniveau

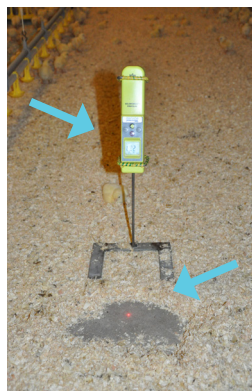
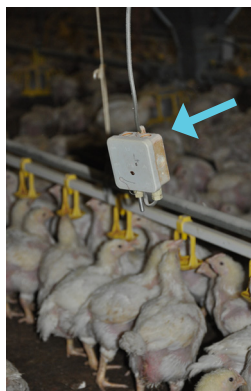
Het klimaat wordt verondersteld om in de hele stal uniform te zijn. In de praktijk blijkt dit geen evidentie en varieert het stalklimaat op dierniveau doorheen de stal. In één stal kun je daarom spreken van verschillende (licht afwijkende) microklimaten waardoor bepaalde zones in de stal in meerdere of mindere mate door de kuikens worden bezet. Dit gedrag is niet waarneembaar door klimaatsturing. Het oog van de meester, in dit geval de pluimveehouder, is hier uitermate belangrijk.

Op de plaats waar de dieren zitten, moet het klimaat optimaal zijn. Bij vleeskuikens is dit op de strooisellaag, net boven de betonvloer. Bij de opzet is die strooisellaag heel dun en de betonvloer eronder mogelijks nog te koud. Naar het einde van de ronde ligt in de stal een dikke strooisellaag, waarin de temperatuur 30 °C of meer is.



Op dierniveau is een optimaal klimaat nodig.

Wees je bewust van het feit dat het klimaat op dierniveau kan verschillen van wat je voelt op ca. 1,5 meter hoogte. De sensoren hangen vaak op 40-60 cm hoogte, deze waarneming kan verschillen van de parameters net boven het strooisel waar de kip zit.



Waarneming van het klimaat door de pluimveehouder en de sensoren versus het klimaat op dierniveau

Een goede klimaatregeling moet zorgen voor de juiste temperatuur en voldoende luchtverversing op dierniveau, vooral een goede sturing van de luchtinlaat is heel belangrijk. Bij een slecht afgestelde luchtinlaat kan het zijn dat de verse lucht niet tot bij de dieren komt of dat de lucht met een te hoge snelheid bij de dieren komt (tocht).

Temperatuur en relatieve vochtigheid (RV)

Bij het instellen van de juiste temperatuur, relatieve vochtigheid en ventilatie kan de pluimveehouderij terugvallen op verschillende adviezen.

Advies: Klimaatplatform Pluimveehouderij (NL)

Het Klimaatplatform Pluimveehouderij (NL) heeft adviezen opgesteld voor een aantal veel voorkomende huisvestingsvormen in de pluimveehouderij, waaronder vleeskuikens gehouden in traditionele stallen met grondhuisvesting. Deze adviezen gaan over de gewenste temperatuur, de ventilatie, verwarming en regeling van het klimaat.

Leeftijd (dag)	Gewicht (g)	Gewenste staltemperatuur (°C)	% RV	Minimum ventilatie (m/uur/kg)
0	45	33-35	50-60	1,5
3	90	33-35	50-60	1,4
7	180	30-31	55-65	1,3
14	470	26-28	< 70	1,1
21	920	23-26	< 70	0,9
28	1480	20-24	< 70	0,8
35	2110	20-23	< 75	0,7
42	2770	20-22	< 75	0,7

- Gewenste vloertemperatuur voor opzet: minimaal 28 °C
- Gewenste temperatuur afhankelijk van bezetting en diergedrag
- Vuistregel : temp. + RV = 90 + weeknummer
- Bij lage RV : temp. verhogen (10% RV = 1,5 °C)

Tabel 2: Gewenste staltemperatuur, relatieve vochtigheid en minimumventilatie in functie van leeftijd en gewicht van de kuikens
(bron: Klimaatplatform Pluimveehouderij)

Bij aankomst van de kuikens moet de vloertemperatuur minimaal 28 °C zijn. Het is daarom belangrijk dat de stal vóór de aankomst van de kuikens goed opgewarmd wordt. Met andere woorden: lang genoeg en bij een voldoende hoge temperatuur. Hoe lang en bij welke temperatuur hiervoor moet opgewarmd worden, verschilt van stal tot stal. Dit hangt ook af van de stalinrichting, verwarmingsinstallatie, seizoen, dikte van de strooisellaag en lengte van de leegstand. Meet steeds de vloertemperatuur bij de opzet en stuur bij op basis van het gedrag van de dieren en ervaringen in vorige rondes.

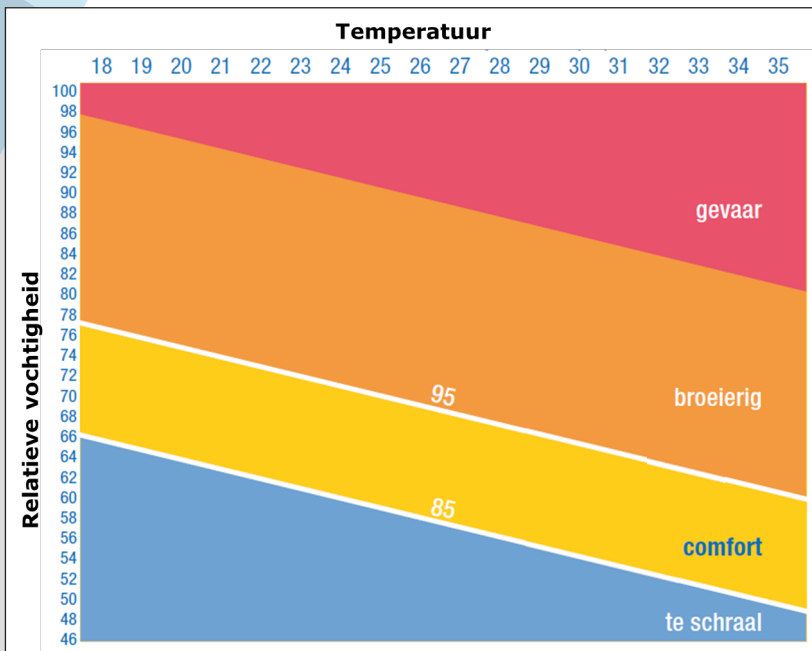
De 'warmte-inhoud' van de lucht hangt naast de temperatuur ook af van de relatieve vochtigheid. Een temperatuur van 33 °C bij een RV van 40% voelt voor de kuikens kouder aan dan 33 °C bij 60% RV. Bij een lage RV is dus een hogere staltemperatuur nodig om de kuikens hetzelfde 'warmtegevoel' te geven. Het Klimaatplatform Pluimveehouderij adviseert om de temperatuur met 1,5 °C te verhogen per 10 % te lage RV.

Als richtcijfer voor de combinatie van temperatuur en RV wordt vaak de volgende vuistregel gehanteerd:

$$\text{Temp} + \text{RV} = 90 + \text{leeftijd van de kuikens (in weken)} \pm \text{marge van 5}$$

Als de som van temperatuur en RV meer afwijkt dan deze marge van 5, dan is het klimaat voor de kuikens niet optimaal en kan je best bijsturen. Bij een te lage waarde kan je bijsturen door de temperatuur te verhogen of door extra vocht te vernevelen in de stal. Bij een te hoge waarde moet je zeker bijsturen door de temperatuur te verlagen of te zorgen voor een lagere RV.

Op het einde van de ronde kan een hogere luchtsnelheid ook zorgen voor een koelend effect bij de dieren. Bijgevoegde figuur geeft een schematische weergave van hoe kuikens het klimaat ervaren in functie van temperatuur en RV (bij een minimale luchtsnelheid op dierniveau).



Schematische weergave van het klimaat in functie van temperatuur en RV
(bron: H. Rodenboog)

Advies: Ross management

Ook in 'Ross management handleiding' vinden we aanbevelingen voor temperatuur en RV terug. Al liggen de richtcijfers voor de temperatuur in deze tabel opmerkelijk lager dan de adviezen van het Klimaatplatform Pluimveehouderij. Dit heeft twee redenen: enerzijds wordt bij het begin van de ronde reeds een RV van ca. 65 % vooropgesteld, anderzijds nemen zij als streefwaarde de temperatuur op dierniveau (net boven het strooisel) terwijl andere bronnen meestal de gewenste staltemperatuur gebruiken.

In de tabel zijn ook aangepaste streeftemperaturen in functie van de werkelijke RV in de stal weergegeven. Een lagere RV vereist een hogere temperatuur in de stal.

	streefwaarde		gewenste temperatuur i.f.v. de luchtvochtigheid				
leeftijd (dag)	temp (°C)	% RV	40% RV	50% RV	60% RV	70% RV	80% RV
0	30	60-70	36	33,2	30,8	29,2	27
3	28	60-70	33,7	31,2	28,9	27,3	26
6	27	60-70	32,5	29,9	27,7	26	24
9	26	60-70	31,3	28,6	26,7	25	23
12	25	60-70	30,2	27,8	25,7	24	23
15	24	60-70	29	26,8	24,8	23	22
18	23	60-70	27,7	25,5	23,6	21,9	21,3
21	22	60-70	26,9	24,7	22,7	21,3	22
24	21	60-70	25,7	23,5	21,7	20,2	19
27	20	60-70	24,8	22,7	20,7	19,3	18

* berekend o.b.v. formules Malcolm Mitchell

Tabel 3: Streefwaarde voor temperatuur en RV op dierniveau en effect van de relatieve vochtigheid op de vereiste temperatuur (Ross management handleiding 2014)

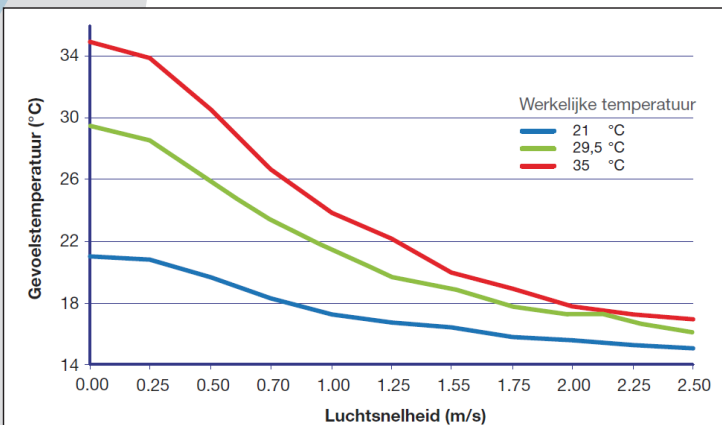
Uit ervaring weten we dat er grote verschillen zijn tussen de temperatuur gemeten op dierniveau (net boven het strooisel) en ter hoogte van de sensoren, vooral in de eerste dagen van de ronde. Hang de sensoren daarom zo laag mogelijk, maar wel buiten het bereik van de dieren.

Gevoelstemperatuur en luchtsnelheid

Hoe de kuikens het klimaat rondom zich ervaren, hangt naast de temperatuur sterk af van de volgende factoren: RV, luchtsnelheid, bevedering van de dieren en eventuele stralingswarmte. Het effect van de RV en de luchtsnelheid hangt bovendien af van de leeftijd en het gewicht van de kuikens.

In de zogenaamde 'gevoelstemperatuur' of 'effectieve temperatuur' zijn de effecten van RV en luchtsnelheid verrekend. Met behulp van formules kan wel per leeftijd een 'gevoelstemperatuur' berekend worden uit de gemeten temperatuur, RV en luchtsnelheid. Maar de 'gevoelstemperatuur' op zich kunnen we niet eenvoudig meten. Hierdoor is het niet evident om de 'gevoelstemperatuur' in de klimaatregelaars te gebruiken.

Onderstaande figuur geeft een beeld van het effect van de luchtsnelheid op de gevoelstemperatuur. Bij een hogere luchtsnelheid ervaren de kippen eenzelfde staltemperatuur als kouder. Hoe hoger de temperatuur, hoe groter het koelend effect is. Bij een temperatuur van 21 °C geeft een luchtsnelheid van 1 meter per seconde (m/s) een koelend effect van ca. 3 °C. Bij een temperatuur van 35 °C geeft eenzelfde luchtsnelheid een koelend effect van ca. 8 °C. Dit koelend effect is ook afhankelijk van de leeftijd en bevedering van de dieren.



Effect van de luchtsnelheid op de gevoelstemperatuur bij staltemperaturen van resp. 35, 29.5 en 21 °C (bij 50% RV)

Bij kleine kuikens is het effect groter dan bij volgroeide dieren. Door hun grote warmtebehoefte en slechte bevedering zijn ze sterk afhankelijk van omgevingswarmte.

Bij deze dieren moet de luchtsnelheid op dierniveau zo laag mogelijk blijven om het koelend effect van de luchtsnelheid te vermijden. Als norm geldt maximum 0,15 m/s op dierniveau.

Enkel naar het einde van de ronde (zwarte kuikens) en bij hoge buitentemperaturen kan het nuttig zijn om een hogere luchtsnelheid op dierniveau te creëren. Het koelend effect van een hoge luchtsnelheid kan dan gebruikt worden om hittestress te vermijden. Bij stallen met tunnelventilatie wordt dan een luchtsnelheid tot 3 m/s gebruikt vooropgesteld. Daarnaast is het ook mogelijk om via recirculatieventilatoren en een aangepaste sturing van de inlaatventielen, luchtsnelheid op dierniveau te creëren bij hoge temperaturen.

Mollierdiagram

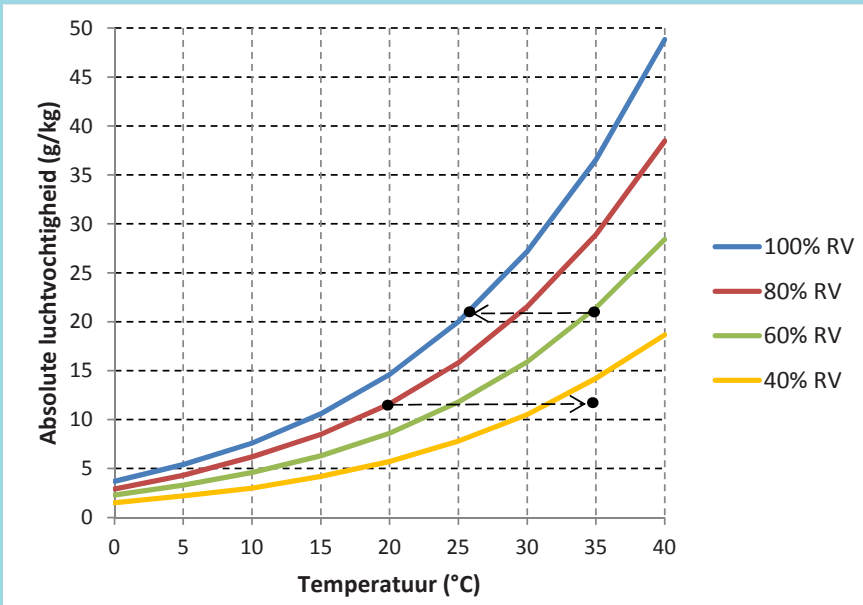
De fysische eigenschappen van lucht zijn afhankelijk van o.a. temperatuur, vochtigheid en luchtdruk.

- Koude lucht is zwaarder dan warme lucht
- Warme lucht kan meer vocht bevatten dan koude lucht
- Lucht van 30 °C voelt bij een RV van 70% warmer aan dan bij een RV van 40%

Tempe- ratuur (°C)	Soortelijk gewicht (kg/m ³ lucht) bij 60% RV	Warmte-inhoud (kJ/kg lucht) bij 60% RV	Maximum vochtgehalte bij 100% RV
10 °C	1,243	21,3	7,6
20 °C	1,198	41,4	14,7
30 °C	1,153	68,8	27,2

Tabel 4: Verhouding soortelijk gewicht, warmte-inhoud en maximum vochtgehalte bij verschillende temperaturen

In het Mollierdiagram zijn de verschillende eigenschappen van lucht gecombineerd. Dit diagram geeft de verbanden tussen de warmte-inhoud van lucht (kJ/kg), het watergehalte (g water / kg lucht), de RV, de droge boltemperatuur, de natte boltemperatuur, de dauwpunttemperatuur, de dampdruk en het soortelijk gewicht van lucht weer bij een bepaalde luchtdruk.



Vochtgehalte van de lucht in functie van de temperatuur

Bovenstaande figuur geeft de vochtgehalte van lucht weer in functie van de temperatuur bij verschillende waarden voor de RV. Hieruit kunnen we het volgende afleiden:

- Bij het opwarmen van lucht van 20 °C met 80 % RV tot 35 °C daalt de RV tot minder dan 40%.
- Bij een dalende temperatuur stijgt de RV tot het maximum van 100%, daalt de temperatuur nog verder dan zal het vocht in de lucht condenseren. Bij een hogere RV kan er minder vocht verdampen via de ademhaling en kunnen kuikens dus moeilijker hun warmte kwijt. Bv. lucht van 35 °C en 60% RV bevat ca. 21,5 gram vocht per kg. De lucht is volledig verzadigd (=100% RV) bij een temperatuur van ca. 26 °C. De kuikens kunnen dan onvoldoende warmte afgeven aan de omgeving, hun lichaamstemperatuur gaat oplopen en de kuikens sterven door hittestress. Zorg dat de RV niet te hoog oploopt, zeker bij gebruik van een natte koeling. Zorg bij een hoge temperatuur en hoge RV zeker voor voldoende luchtbeweging op dierniveau.

Comfortabel klimaat: de kuikens vertellen het je zelf

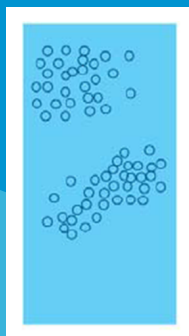
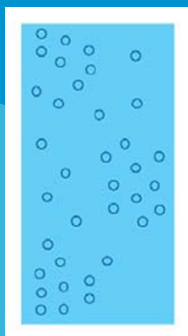
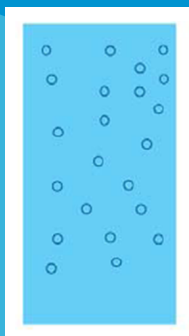
Met behulp van een reeks sensoren kunnen we meten hoe het klimaat in de stal is. Allerlei normen en richtlijnen geven ons een basis voor het afstellen van de klimaatregeling in de stal. In de praktijk is echter iedere stal anders en veranderen de behoeften van de snelgroeiende kuikens continu. In een periode van minder dan 6 weken neemt bijvoorbeeld het gewicht toe met een factor 60. Stel de klimaatsturing af op maat van de stal, volg deze continu op en stuur bij waar nodig.



Met sensoren kan je klimaatparameters op dierniveau meten

Als pluimveehouder kan je uit de eigen waarneming van het klimaat en de observatie van de dieren veel afleiden over hoe de kuikens het klimaat ervaren. Wees je bewust dat het klimaat op dierniveau heel verschillend is van dit ter hoogte van de sensoren of op 1,5 meter hoogte. Ga eens tussen de kuikens zitten en observeer de dieren. Uit het gedrag van de kuikens kan je afleiden hoe de kuikens het klimaat ervaren. Een slechte verdeling van de kuikens wijst er op dat de temperatuur niet in orde is of dat er een probleem is met tocht.

te hoge temperatuur juiste temperatuur te lage temperatuur



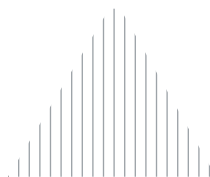
Effect van de staltemperatuur op de verdeling van de dieren bij ruimteverwarming (Ross management handleiding 2009)

Bij de juiste temperatuur liggen de kuikens mooi verdeeld over de beschikbare ruimte. Bij een te lage temperatuur kruipen jonge kuikens dicht bij elkaar. Aan de pootjes kan je voelen of ze het te koud hebben. Liggen er veel jonge kuikens tegen de wanden, dan hebben ze het te warm of is de verlichting te fel. Bij een te hoge temperatuur liggen oudere kuikens met gespreide vleugels en open snavels. Een slechte verdeling van de kuikens kan ook wijzen op tocht of vallende lucht. Met behulp van een rookproef kan je dit in beeld brengen.



Met behulp van een rookpatroon kan je een rookproef doen om te zien hoe de inkomende lucht zich verspreid door de stal.





Optimale klimaatregeling

Het stalklimaat wordt beïnvloed door verschillende processen die spelen in én rond de stal. Sommige processen, zoals de ventilatiecapaciteit en het luchtpatroon, zijn vrij eenvoudig door de pluimveehouder te managen. Over sommige andere processen, zoals wind en hitte, heeft hij geen controle. Als pluimveehouder moet je je parameters dan ook continu aanpassen aan de veranderende omstandigheden.

In de stal

Te veel of te weinig ventilatie is nefast voor de vleeskippen. Ook de manier waarop de lucht doorheen de stal stroomt is bepalend voor hun gezondheid. Enkele vuistregels helpen om binnen de stal een optimale ventilatie te bekomen.

Minimum ventilatiecapaciteit

Een minimumventilatie-debiet is noodzakelijk. Want er is voldoende luchtverversing nodig om een goede luchtkwaliteit (gassen en vocht) te behouden. Volgende tabel geeft een aantal algemene richtlijnen voor de minimumventilatie. Deze zijn opgesteld voor stallen waar geen vocht, CO₂ en andere gassen van de verwarming in de dierruimte komt. Dus: voor stallen met een centraal verwarmingssysteem of verwarmingstoestellen voorzien van een afvoer naar buiten. Bij een open verbranding waar CO₂ en vocht van de verbranding vrijkomt in de stal, is een hogere minimumventilatie nodig.

Leeftijd (dag)	Gewicht (g)	Minimum ventilatie (m ³ /uur/kg)
0	45	1,5
3	90	1,4
7	180	1,3
14	470	1,1
21	920	0,9
28	1480	0,8
35	2110	0,7
42	2770	0,7

Tabel 5: Vereiste minimumventilatie (in m³/uur/kg levend gewicht) bij stallen met een gesloten verwarmingssysteem (=afvoer van rookgassen naar buiten de stal) (bron: Klimaatplatform Pluimveehouderij)

De vereiste minimumventilatie is afhankelijk van een aantal factoren:

- **Diergewicht:** de warmteproductie van de dieren wordt uitgedrukt per kg 'metabool gewicht' (=het gewicht in kg tot de macht 0,75). Omgerekend naar het werkelijk diergewicht komt dit op een hogere norm in $\text{m}^3/\text{uur}/\text{kg}$ voor lichtere dieren.
- **Buitemtemperatuur:** koude lucht is zwaarder en bevat meer zuurstof. Bij een lage buitemtemperatuur moet er minder verse lucht aangevoerd worden om voldoende zuurstof in de stal te brengen. Koude lucht kan minder vocht bevatten, het verschil in hoeveelheid vocht in de buitenlucht en de stallucht is groter zodat er minder geventileerd moet worden om het vocht geproduceerd door de dieren af te voeren.
- **Luchtvochtigheid:** hoe hoger het vochtgehalte (in gram/m^3), hoe meer er moet geventileerd worden om het vocht geproduceerd door de dieren af te voeren. Het vochtgehalte in de lucht bepaald samen met de temperatuur de relatieve vochtigheid van de lucht.
- **Verwarmingssysteem:** bij open verbrandingssystemen die extra CO_2 en vocht in de stal brengen moet meer geventileerd worden dan bij gesloten verbrandingssystemen

Maximum ventilatiecapaciteit

De maximumventilatie heeft als doel de overvloedige warmte af te voeren en moet ervoor zorgen dat de staltemperatuur niet te hoog oploopt boven de streeftemperatuur. Het uitgangspunt voor de maximumventilatie is dat de temperatuur in de stal niet meer dan 3°C hoger mag worden dan de buitemtemperatuur als de buitemtemperatuur $> 30^\circ\text{C}$ is. De hoeveelheid luchtverversing die hiervoor nodig is bij een maximale bezetting, bepaalt de vereiste totale ventilatiecapaciteit. Bij pluimvee bedraagt de norm voor de maximumventilatie $3,6$ à $4,0 \text{ m}^3 / \text{uur} / \text{kg}$ levend gewicht. Bij een eindgewicht van $2,5 \text{ kg}$ komt dit op 9 à $10 \text{ m}^3 / \text{uur} / \text{dier}$. Bij de maximaal toegelaten bezetting van $42 \text{ kg} / \text{m}^2$ komt dit op afgerond 150 à $170 \text{ m}^3 / \text{uur} / \text{m}^2$ (netto bruikbaar oppervlak voor de dieren). Bij stallen met tunnelventilatie wordt soms een hogere ventilatiecapaciteit geïnstalleerd. Hier wordt gerekend hoeveel capaciteit er nodig is om een luchtsnelheid van 3 meter per seconde te halen.

Kippen hebben een heel hoge warmteproductie waardoor deze norm voor de maximumventilatie veel hoger ligt dan bijvoorbeeld bij varkens (norm maximumventilatie bij varkens lager dan $1,0 \text{ m}^3 / \text{uur} / \text{kg}$). Daarnaast neemt het gewicht op minder dan 6 weken tijd toe met een factor 60 . De hoge warmteproductie samen met de snelle groei maken de ventilatie bij vleeskuikens zeer specifiek.

Capaciteit van de ventilatoren

De ventilatoren bepalen de hoeveelheid lucht die afgezogen wordt uit de stal en zorgen voor een drukverschil tussen binnen en buiten. De grootte van de onderdruk in de stal hangt af van de verhouding van de oppervlakte van de luchtinlaat ten opzichte van het afgezogen debiet en de mate waarin de stal 'luchtdicht' is.

Bij een hogere onderdruk verlaagt het debiet dat de ventilator kan afzuigen. Onderstaande tabel geeft een voorbeeld van het effect van de onderdruk op het debiet van een ventilator. Hou hiermee rekening bij de berekening van de capaciteit. Zorg ook voor een goed onderhoud. Een vuile of stroefdraaiende ventilator heeft een hoger energieverbruik en een lagere capaciteit.

Druk (Pa)	0	15	30	50	100
Luchtdebiet (m ³ /uur)	8240	7850	7530	7010	5540

Tabel 6: Effect van de druk op het luchtdebiet van een specifieke ventilator

Bij mechanische ventilatie is het belangrijk dat de lucht maximaal langs de voorziene luchtinlaatventielen of -kleppen binnenkomt, dat er zo weinig mogelijk 'leklucht' (= lucht die langs allerlei kleine openingen verspreid over de stal binnenkomt) is. Op deze manier ontstaat er voldoende onderdruk om de luchtverdeling in de stal goed te kunnen sturen.

Gevoelige plaatsen voor 'leklucht' zijn kieren rond deuren en poorten, de aansluiting tussen muren en plafond, de nok, niet gebruikte ventilatoren en inlaatventielen. Sluit eens alle inlaatventielen, deuren en poorten af, zet dan enkele ventilatoren manueel op 100%. De hoogte van de onderdruk die ontstaat, geeft je al snel een idee over hoe 'dicht' de stal is.

Hoe minder leklucht, hoe beter. Leklucht kan je niet sturen.



Ventilatoren zuigen lucht af uit de stal, hun capaciteit hangt af van het type ventilator en de onderdruk in de stal.

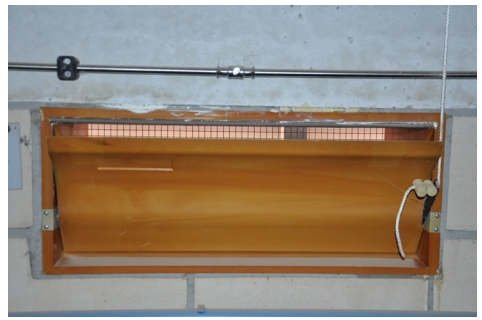
Luchtverdeling, -patroon en -snelheid

Naast de capaciteit, die afgezogen wordt door de ventilatoren, zijn de luchtverdeling, het luchtpatroon en luchtsnelheid op dierniveau minstens even belangrijk. De verse lucht moet zonder tocht tot bij de dieren komen. Hoe de lucht zich in de stal verspreid, hangt af van de luchtinlaat en onderdruk, niet van de afzuigventilatoren.

De beweging van lucht volgt een aantal natuurkundige wetten waarmee we bij de verluchting van stallen rekening moeten houden. Het gewicht van 1 m³ lucht hangt af van de temperatuur: koude lucht is zwaarder dan warme lucht. Dit heeft als gevolg dat koude lucht die met lage snelheid in een warme omgeving binnenkomt, naar beneden zal stromen, zogenaamde 'vallende lucht'. In een pluimveestal moeten we dit zoveel mogelijk vermijden.

Door de inkomende lucht met voldoende snelheid te laten binnenkomen in de stal kan je de luchtstroom eerst langs het plafond tot midden in de stal brengen. Op deze manier kan de frisse lucht zich geleidelijk mengen met de stallucht. De lucht komt dan opgewarmd en met lage luchtsnelheid tot bij de dieren.

Enkel op het einde van de ronde tijdens warme zomerdagen, kan een hoge luchtsnelheid bij de dieren en een directe stroom van verse inkomende lucht over de dieren gebruikt worden om hittestress te vermijden. In alle andere omstandigheden moet de luchtsnelheid op dierniveau beperkt blijven, zeker in de eerste 10 dagen van de ronde. De norm voor de luchtsnelheid is maximum 0,1 m/s bij jonge kuikens en maximum 0,2 m/s bij oudere kuikens.



De lucht komt via inlaatventielen in de stal. De grootte van de inlaatopening, de stand van het inlaatventiel en de onderdruk in de stal bepalen hoe de lucht zich verspreid over de stal.

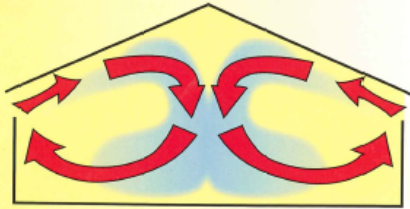
Een correcte afstelling van de luchtinlaat is cruciaal voor een goede luchtverdeling en goed stalklimaat. Door de grootte van de inlaatopening te verkleinen, bekom je bij eenzelfde afgezogen debiet een grotere onderdruk. Een grotere inlaatopening geeft een lagere onderdruk. De onderdruk bepaalt de snelheid waarmee de lucht binnenkomt in de stal. Een hogere onderdruk geeft een hogere luchtsnelheid waarmee de lucht binnenkomt in de stal en zorgt ervoor dat de inkomende luchtstroom langs het plafond verder in de stal gaat, vooraleer deze naar beneden komt tot bij de dieren.

Naast de grootte van de inlaatopening heeft ook de stand van het inlaatventiel een effect op het luchtpatroon. Vele ventielen hebben een specifieke vorm die ervoor zorgt dat enerzijds bij een kleine opening de luchtstroom volledig naar boven wordt gestuurd en anderzijds bij een maximale opening de lucht meer naar beneden wordt gestuurd.

De eerste figuur geeft een beeld van het gewenste luchtpatroon in de stal. De tweede figuur geeft enkele voorbeelden van hoe het luchtpatroon niet hoort te zijn in een vleeskuikenstal (grondhuisvesting). Ga als pluimveehouder regelmatig zelf eens op de grond zitten om het klimaat en de luchtbeweging tussen de dieren te beoordelen. Met een rookproef kan je ook makkelijk de luchtbeweging in de stal in beeld brengen. Een ongelijke verdeling van de dieren in de stal en/of natte stroken in de stal zijn vaak het gevolg van een slecht luchtpatroon.



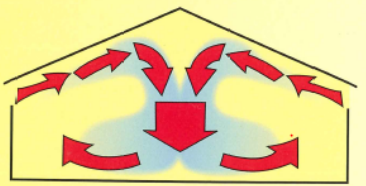
Hoe de inkomende lucht zich verspreid door de stal kan je zien via een rookproef.

Goede ventilatie

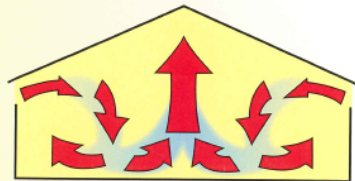
Gewenst luchtpatroon voor een goede ventilatie (bron: H. Rodenboog)

Slechte ventilatie bij vloersystemen

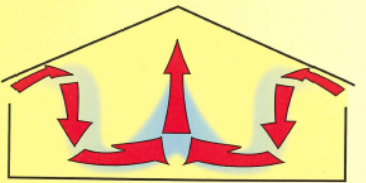
Als je het zelf niet voelt, kun je met een rookproef laten vaststellen hoe de lucht door de stal gaat. Dit kan ook als de kuikens in de stal zitten. Er zijn verschillende mogelijkheden:



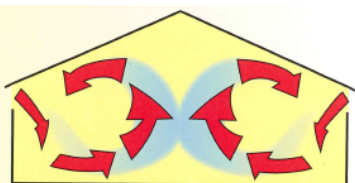
- De verse koude lucht in het midden valt naar beneden en aan de zijkanten is weinig luchtbeweging.
- De kuikens mijden het midden en gaan naar de zijkant van de stal, met als gevolg klam strooisel.
- Verminder de onderdruk.



- De verse koude lucht valt te vlug naar beneden en is daardoor onvoldoende opgewarmd. Kuikens liggen vooral op de buitenste 'kwarten' en in het midden van de stal.
- Hierdoor ontstaan er twee lege banen in de lengte van de stal: een zebbrapad.
- Verhoog de onderdruk.



- De kuikens trekken weg langs de kant en zitten vooral in het midden.
- De kleppen staan te ver dicht en daardoor komt er per klep een te dunne luchtbundel binnen, die te snel 'vervlindert'.
- Doe een deel van de kleppen circa twee vingerdiktes verder open.

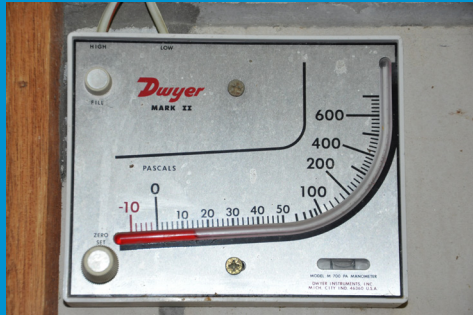


- Bij warm weer gaan de kleppen kantelen.
- De lucht wordt direct over de kuikens gevoerd met een hoge snelheid.
- Daardoor krijg je veel afkoeling bij de dieren (wind chill effect). Alleen bij zeer hoge omgevingstemperatuur kan dit bewust worden toegepast.

Ongewenste luchtpatronen door verkeerde afstelling van luchtinlaat en/of onderdruk
(bron: H. Rodenboog)

Regels rond onderdruk:

- Richtlijn: 0,7 à 1,0 Pa onderdruk per meter stalbreedte. Een bredere stal heeft een hogere onderdruk nodig om de lucht goed tot in het midden te krijgen. De vereiste onderdruk hangt af van stal tot stal. De onderdruk en luchtinlaat moet voor elke stal apart op maat afgeregeld worden.
- Corrigeer de gewenste onderdruk met +0,1 Pa / °C bij een buiten-temperatuur lager dan 15 °C.
- Hoe groter de onderdruk, hoe hoger de snelheid waarmee de lucht binnenkomt in de stal.
- De stal moet goed 'dicht' zijn (vermijd lekluicht maximaal) om de luchtverdeling op basis van onderdruk te kunnen sturen.



De onderdruk in de stal is bepalend voor de luchtverdeling in de stal.

Volgende regels leggen de basis voor een goede luchtinlaat:

- Inlaattooppervlakte: een algemene norm voor de grootte van de luchtinlaat is 1,5 à 2,0 cm² per m³ ventilatiecapaciteit, maar vaak wordt hiervan afgeweken. Het 'Klimaatplatform Pluimveehouderij' adviseert bij gebruik van inlaatventielen 0,5 à 0,7 cm² luchtinlaat / m³ geïnstalleerde ventilatiecapaciteit afhankelijk van het type inlaat. Raadpleeg de adviezen van de leverancier voor het bepalen van de vereiste inlaattooppervlakte.
- Tussen de bovenzijde van de ventielen en het plafond moet minstens 30 cm afstand zijn.
- Zorg voor een goede verdeling van de inlaatventielen over de zijmuren en check of er in de stal geen dode hoeken zijn (bv. naast voederlokaal).
- Zorg dat er in de luchtstroom geen obstakels aanwezig zijn waartegen de luchtstroom kan afbuigen.
- Zorg voor een minimale dikte van de luchtstroom van 3 à 4 cm. In het begin van de ronde is er weinig luchtverversing en dus weinig luchtinlaat nodig. Gebruik in deze periode bij voorkeur maar een deel van de inlaatventielen (bv. 1 op 4).
- De ventielen aan de linkerzijde en de rechterzijde worden bij voorkeur apart gestuurd om het effect van wind op de stal op te kunnen vangen.
- Bij lange stallen kan je de luchtinlaat best opsplitsen in groepen, bijvoorbeeld bij een stal van 80 meter lang de inlaat in 2 of 3 splitsen, waarbij je deze apart kan bijsturen. Dit laat toe om temperatuurverschillen (vooraan t.o.v. achteraan, links/rechts) te beperken.

Externe factoren

In de intensieve veehouderij beschikken we in de stallen over klimaatregelaars die voorzien zijn van tal van mogelijkheden om het stalklimaat bij te sturen op basis van wisselende omstandigheden. De omstandigheden in de stal (bezetting, temperatuur, RV, onderdruk, diergewicht, ...) kunnen we vrij goed meten en sturen. De schommelingen ervan kunnen we binnen beperkte marges houden. De grootste uitdaging voor de klimaatregeling blijven echter de externe factoren die we niet in de hand hebben.

Overzichtsscherm van een klimaatregelaar

Mest A		Overzicht	
27.7°		1 27.7 °	2 27.8 °
M-FASE 31840 m3 66 %		15^{Pa}	47 %
99 % 1		M 1 51 %	M 2 53 %
27.3°		1521^{ppm}	67 %
Dag nr 27		7 Jun 2016 14:08	6300

Continu bijsturen op veranderend buitenklimaat

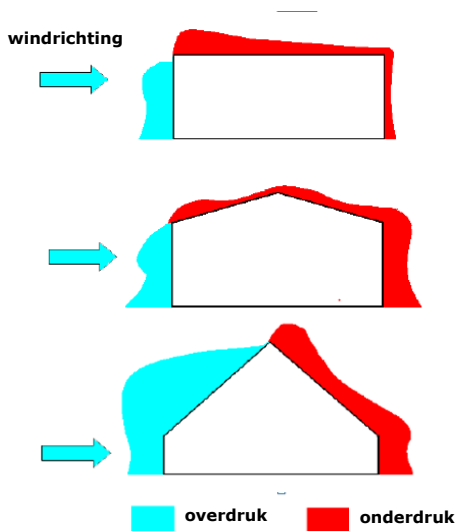
Eén van de grootste uitdagingen voor de klimaatregeling is het sterk wisselende buitenklimaat:

- Droog versus regenachtig weer (RV)
- Temperatuurschommeling dag/nacht
- Seizoeneffecten (temperatuur, vochtgehalte in de lucht)
- Windinvloeden (windsnelheid / windrichting)

De voortdurende veranderende buitenomstandigheden hebben een groot effect op de luchtverdeling, het luchtpatroon en bijgevolg op het hele stalklimaat. Continu bijsturen is dan ook noodzakelijk, vooral een juiste afstelling van de luchtinlaat is cruciaal.

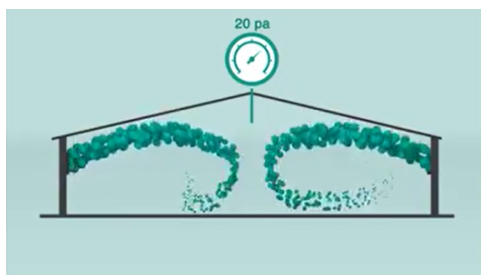
Wind: de grootste vijand voor de luchtverdeling

Naast schommelingen in temperatuur en vochtigheid, heeft ook de wind een grote invloed op het stalklimaat. Met name het luchtpatroon in de stal kan ernstig verstoord worden bij een hoge windsnelheid. Aan de stalzijde waar de wind op staat (windzijde), ontstaat immers een overdruk en aan de andere zijde (luwzijde) een onderdruk. De grootte van deze overdruk is naast de windsnelheid ook afhankelijk van de hoogte en de vorm van de stal.

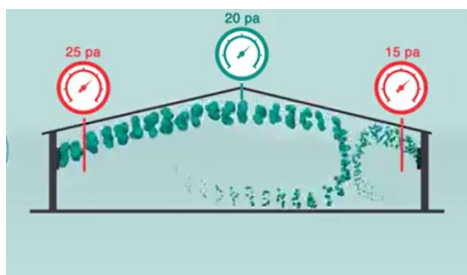


Dit drukeffect op een stal heeft niet alleen een effect op het debiet van de ventilatoren, maar heeft ook een verschil in onderdruk ter hoogte van de inlaatventielen. Aan de ene zijde komt de lucht met een hogere snelheid binnen dan aan de andere zijde, deze lucht zal langs het plafond heel ver in de stal gaan. Terwijl aan de luwzijde de luchtstroom minder ver langs het plafond geleid wordt. Zo kan de lucht aan de luwzijde minder mengen met stallucht en komt deze dus minder opgewarmd en met hogere snelheid op dierniveau. De dieren gaan hier wegtrekken en het strooisel wordt er nat. Aan de andere kant van de stal kan er een zone zijn met te weinig luchtverversing. Voor een goed stalklimaat is het noodzakelijk om deze windeffecten zoveel mogelijk te vermijden.

Overdruk en onderdruk door wind op de zijkant van de stal i.f.v. vorm en hoogte



Schematische weergave van de luchtverdeling in een stal bij windstil weer (StienenBE)



Een sterke wind op de linkerzijde van de stal kan het luchtpatroon in de stal sterk verstoren (StienenBE)

Vele klimaatregelaars hebben de mogelijkheid om de inlaatventielen aan beide zijden apart bij te sturen op basis van de windrichting en windsnelheid. Hiervoor is uiteraard een correcte meting van windsnelheid en windrichting noodzakelijk.

De moeilijkheid blijft echter dat wind geen constante is. Op een winderige dag zijn er vaak heel grote schommelingen in windsnelheid. Enkele minuten eerder of later kan de windsnelheid heel anders zijn. Deze schommelingen kan je moeilijk opvangen door het bijsturen van de luchtinlaat. Het is noodzakelijk om de windinvloed zoveel mogelijk aan de buitenkant van de stal op te vangen. Een goede winddrukcap aan de buitenkant van de stal is dan ook een must. Maar in de praktijk zijn veel winddrukcapen verkeerd gemaakt. Een winddrukcap, die enkel aan de onderkant open is, werkt eerder als een 'windvangbak' en zal eerder het negatieve effect van de wind versterken dan helpen neutraliseren.

Een goede winddrukcap moet zowel aan de onderzijde als aan de bovenzijde open zijn. De opening tussen kap en muur (onderaan en bovenaan samen) moet minimaal 1,5 keer de oppervlakte zijn van de inlaatventielen. Maak de winddrukcap breed genoeg, dit vermijdt ook directe lichtinval in de stal. Het effect van de wind op een stal hangt ook af van de afstand tot andere gebouwen. De afstand tussen twee naast elkaar liggende gebouwen bedraagt bij voorkeur minimum 10 meter. Een voldoende hoog en dicht groenscherm rond de stal kan ook de windinvloed op een stal deels opvangen.

Hittestress

Kleine kuikens hebben warmte nodig, maar dit verandert snel. Oudere kuikens groeien heel snel en eten steeds meer. Van de opgenomen energie wordt slechts 25% gebruikt om te bewegen, te groeien, te ademen en de lichaamstemperatuur op peil te houden. De resterende 75% van de opgenomen energie komt vrij als warmte.

Als de kuikens het te warm krijgen, gaan ze snel ademen met de bek open (hijgen). Dit gaat dikwijls gepaard met het openzetten van de veren en het naast het lichaam houden van de vleugels. Zo komt de huid meer in contact met de lucht die langs het kuiken stroomt waardoor ze meer warmte kwijt raken. Naar het einde van de ronde zitten de kuikens echter dicht op elkaar (zwarte kuikens / hoge bezettingsdichtheid) waardoor ze op deze manier minder goed warmte kunnen afgeven. Als de kuikens met de borst op de grond liggen, kunnen ze veel warmte verliezen door de weinig bevederde borsthuid en de dunne vetlaag op de borst. In het begin van de ronde moet de vloertemperatuur hoog genoeg zijn om te veel warmteverlies te vermijden. Naar het einde van de ronde ligt de temperatuur in de strooisellaag meestal rond 30 °C of hoger en kunnen de kuikens nog weinig warmte kwijt naar de bodem.

Kuikens kunnen ook niet zweten. Om hun overvloedige warmte kwijt te geraken zijn ze dus vooral aangewezen op het verdampen van vocht via de ademhaling. Deze verdamping hangt echter af van de luchtvochtigheid. Hoe droger de ingeademde lucht, hoe meer vocht de lucht kan opnemen. De kuikens kunnen bij een lage vochtigheid meer vocht verdampen via de ademhaling en zo meer warmte afvoeren. Bij een hoge RV kunnen ze moeilijker vocht afgeven aan de lucht en zullen ze bij hogere temperaturen snel last hebben van hittestress.

Bij hoge temperaturen kan het creëren van een hoge luchtsnelheid op dierniveau gebruikt worden om te zorgen voor een sterk afkoelend effect. De kuikens kunnen hun warmte dan veel makkelijker afgeven aan de omgeving.

Boven 30 °C: gevarenzone

Vanaf de vierde levensweek is het opletten als de staltemperatuur boven de 30 °C komt. Voor de combinatie van hoge luchtvochtigheid en hoge staltemperatuur is heel gevaarlijk voor de snelgroeïende kuikens en kan al snel tot hoge sterfte leiden. De gevaarlijkste periode is tegen de avond, wanneer de temperatuur begint te dalen en de vochtigheid snel oploopt.

Comfortzone 'temperatuur + RV' = 90 + leeftijd in weken + marge van 5

Op 5 weken leeftijd geeft dit een comfortzone van 90 tot 100. Komt de som van temperatuur en RV boven de 110 uit, dan is het risico op hittestress bij pluimvee groot. Wanneer het in de stal bv. 33 °C en 88% RV is, komt de som op 113. Bij deze waarde hebben de dieren last van hittestress.



De zware vleeskuikens zijn op het einde van de ronde bij een hoge bezetting in de stal heel gevoelig aan hittestress.

Acute hittestress

Bij heel hoge temperaturen en luchtvochtigheid raken de kuikens onvoldoende warmte kwijt via de ademhaling, ze liggen er eerst versuft bij. De warmteafgifte via de huid wordt belangrijker, maar deze manier is minder efficiënt. Het hart moet harder pompen om extra bloed naar de huid te sturen. De lichaamstemperatuur gaat toenemen en uiteindelijk sterft het kuiken door zuurstofgebrek en hartfalen.

Chronische hittestress

Bij iets minder hoge temperatuur en vochtigheid is het verloop anders. Het kuiken gaat heel snel ademen (tot 240 x per minuut) om meer warmte kwijt te raken. De spierbewegingen die hiervoor nodig zijn, zorgen voor extra warmteproductie waardoor de lichaamstemperatuur langzaam stijgt. De stofwisseling van het kuiken versnelt, waardoor nog meer warmte vrijkomt. Het kuiken gaat minder eten om zijn eigen warmteproductie te verminderen en spreekt zijn reserves aan. Bij de snellere ademhaling, versnelde stofwisseling en gebruik van lichaamsreserves worden afvalproducten gevormd die kunnen leiden tot verzuring. Hittestress leidt tot verhoogde uitval.

Uitgaande lucht: warmte, vocht en CO₂-balans bepalen hoeveel we ventileren

De snelgroeïende kuikens brengen via hun ademhaling veel CO₂ en vocht in de lucht, en gaan al vrij snel heel veel warmte produceren. De warmte- en CO₂-productie van de dieren kunnen berekend worden met formules (bron: CIGR)

Warmteproductie: $Q_{tot} = 10,62 \times m^{0,75}$

(met Q_{tot} = totale warmteproductie in Watt per dier ; m = diergewicht in kg per dier, $m^{0,75}$ = metabool gewicht = het gewicht in kg tot de macht 0,75)

CO₂-productie: $CO_2 = a \times Q_{tot} / 1000 \times 24$

(met CO₂-productie in liter per dag per dier; $a = 0,17 \text{ m}^3/\text{uur}$ per 1000 W voor vleeskuikens)

Uit recent onderzoek in Nederland (Wageningen UR, 2015) blijkt dat de vleeskuikens momenteel een lagere warmteproductie per kg metabool gewicht hebben dan de kuikens van 20 jaar geleden.

Warmteproductie: $Q_{tot} = 9,95 \times m^{0,75}$

Het 'metabool gewicht' (= gewicht in kg tot de macht 0,75) wordt gebruikt omdat de verhouding tussen de oppervlakte en het volume van een klein voorwerp groter is dan bij een groot voorwerp. Bij kleine kuikens is hun lichaamsoppervlakte in verhouding tot hun gewicht groter dan bij oudere, zware dieren. Dit betekent dat ze relatief meer warmte kunnen verliezen aan de omgeving.

Naast de CO₂ die de dieren zelf produceren, kan afhankelijk van het verwarmingssysteem ook een vrij grote hoeveelheid van de verbranding van een brandstof in de stal komen. Bijvoorbeeld bij warmtekanonnen zonder afvoer van rookgassen moet in het begin van de ronde beduidend meer geventileerd worden om de CO₂-concentratie onder de norm van 3000 ppm te houden.

RV en CO₂ sensor

Als je als pluimveehouder bij het werken in de stal snel hoofdpijn krijgt, dan is de CO₂-concentratie te hoog en is de ventilatie niet goed afgesteld om op kuikenhoogte voldoende luchtverversing te krijgen.

Hoe droger de ingeademde lucht, hoe meer vocht de lucht kan opnemen. Met andere woorden: bij een lagere vochtigheid, kunnen de kuikens meer vocht verdampen via de ademhaling en dus ook meer warmte via deze verdamping afvoeren. Anderzijds mag de RV ook niet té laag zijn omdat dit negatief is voor de slijmvliezen en leidt tot hoge stofconcentraties.



Een RV en CO₂ sensor geven je een beeld van de luchtkwaliteit in de stal.

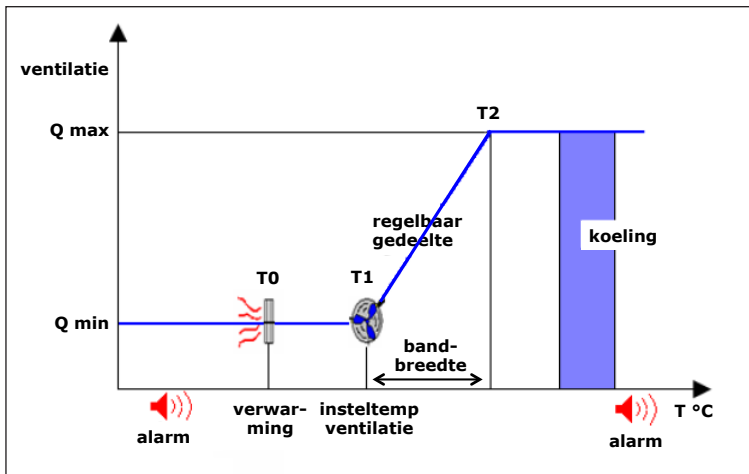
De kuikens brengen ook vocht in de stal. Een kuiken van 2,5 kg heeft ruim 7 liter water gedronken, hiervan komt ca. 5,5 liter of bijna 80% terug in de stal via de mest en de ademhaling. In het strooisel wordt maar een beperkt deel opgenomen, de rest moet via de ventilatie afgevoerd worden.

Tijdens de eerste dagen van de ronde is de afvoer van de CO_2 bepalend voor het vereiste ventilatie-debiet, zelfs in stallen waar geen CO_2 van het verwarmingssysteem in de dierruimte komt. Reeds na enkele dagen wordt het afvoeren van vocht, geproduceerd door de dieren, bepalend voor de vereiste minimumventilatie. In het tweede deel van de ronde wordt het afvoeren van de door de dieren geproduceerde warmte mee bepalend voor de ventilatie. Wanneer welke factor (CO_2 , vocht, warmte) de vereiste ventilatie bepaalt, is afhankelijk van onder andere buitentemperatuur, vochtigheid, dag/nacht-schommelingen, type verwarmingssysteem.

In de praktijk gaat een klimaatregelaar het stalklimaat hoofdzakelijk sturen op temperatuur. De klimaatcomputer bepaalt het minimum- en maximumventilatie-debiet aan de hand van de bezetting (aantal dieren x diergewicht) en ventilatienormen in $\text{m}^3/\text{uur/kg}$ levend gewicht. De regelcomputer berekent het ventilatie-debiet op basis van het temperatuurverschil tussen de gemeten staltemperatuur en de ingestelde temperatuur. Hoe snel de ventilatie oploopt bij een staltemperatuur hoger dan de gewenste temperatuur hangt af van de bandbreedte of P-band. Afhankelijk van het type regelaar zijn er heel wat mogelijkheden om bij te sturen op basis van relatieve vochtigheid, gassen en wind- en drukinvloeden.

Volgende figuur geeft een schematische voorstelling van de klimaatregeling. Zolang de staltemperatuur lager is dan een ingestelde waarde (T_1 in de figuur) draait de ventilatie op een minimumdebiet. Dit minimumdebiet is steeds nodig om een goede luchtkwaliteit (gassen en vocht) te behouden. Bij een temperatuur hoger dan T_2 zal de ventilatie op volle capaciteit draaien om de overvloedige warmte af te voeren. Tussen T_1 en T_2 (in de figuur) zal het ventilatie-debiet geleidelijk oplopen van $Q_{\min}$ naar $Q_{\max}$. Het verschil tussen T_1 en T_2 noemt men de bandbreedte of P-band. Bij temperaturen hoger dan T_2 kunnen bijkomende koelsystemen of extra ventilatoren (bv. bij tunnelventilatie) ingeschakeld worden. Als bij de minimumventilatie $Q_{\min}$ de temperatuur daalt onder T_1 , moet er bijverwarmd worden. Tussen T_0 (= temperatuur waarbij de verwarming aanslaat) en T_1 (= temperatuur vanaf waar de ventilatie begint op te lopen) moet voldoende marge zitten om te vermijden dat de warmte die door het verwarmingssysteem wordt afgegeven, direct wordt weggeventileerd. Dit zou immers leiden tot te hoge energieverliezen en verwarmingskosten. Het vereiste temperatuurverschil is afhankelijk van o.a. het verwarmingssysteem en de leeftijd van de dieren. Daarnaast is het wettelijk verplicht om

in mechanisch geventileerde stallen te beschikken over een alarmsysteem, dat te hoge of te lage temperaturen en stroomuitval meldt.



Schema klimaatregeling in functie van de staltemperatuur

Inkomende lucht: conditionering van inkomende lucht

De voortdurend veranderende buitenomstandigheden zijn een grote uitdaging voor de klimaatregeling. Tijdens warme zomerdagen zijn de zware vleeskuikens heel gevoelig aan hittestress en worden hoge eisen gesteld aan de klimaatregeling om verhoogde sterfte te vermijden. Anderzijds is het over een gans jaar bekeken ongeveer de helft van de tijd buiten minder dan 10 °C (KMI). Bij een temperatuur van minder dan 10 °C denken we vooral aan de winter, maar ook in de periode 'maart-mei' en 'september-november' is de temperatuur 's nachts dikwijls minder dan 10 °C. De schommelingen in temperatuur tussen dag en nacht zijn dan vaak ook vrij groot, waarbij een continue bijsturing van de ventilatie en luchtinlaat nodig is om tocht bij de dieren te vermijden.

Tocht = temperatuurverschil + windsnelheid

Het 'conditioneren' van de inkomende lucht biedt de mogelijkheid om de effecten van de steeds variërende buitenomstandigheden en extremen op te vangen. Conditioneren van de inkomende lucht kan zowel via koelen als verwarmen.

Koeling:

Een veel gebruikte vorm van conditionering is de koeling van de lucht op warme zomerdagen om hittestress bij de dieren te vermijden. Bij een staltemperatuur boven de 28 °C neemt de voederopname en groei af, tevens is er risico op verhoogde sterfte.

Verschillende koelsystemen zijn beschikbaar:

- Nevelkoeling:
- Pad koeling
- Warmtewisseling

Nevelkoeling en pad koeling zijn gebaseerd op het verdampen van water, waarbij energie onttrokken wordt uit de lucht. Hierdoor daalt de temperatuur van de lucht, maar neemt het vochtgehalte in de lucht ook sterk toe. De hogere RV komt enerzijds omdat lucht bij een lagere temperatuur minder vocht kan bevatten en anderzijds van het extra vocht dat in de lucht komt door de verdamping.

Daarnaast zijn er ook mogelijkheden om de lucht te koelen zonder dat er vocht toegevoegd wordt aan de lucht (bv. grondwaterwarmtewisselaar). Deze systemen maken meestal deel uit van een integraal concept rond. energiezuinige systemen en warmterecuperatie.

Nevelkoeling:

Bij nevelkoeling wordt in de stal water onder hoge druk verneveld via sproeiers met een heel kleine opening. Deze nevel verdampt in de (warme) stal snel, waarbij de staltemperatuur daalt, maar ook de RV stijgt.



Nevelkoeling aan de inlaatventielen



Nevelkoeling met recirculatieventilator

Meestal plaatst men de hogedruklijn met de sproeiers, die de nevel afgeven, aan beide zijden van de stal boven de inlaatventielen. De nevel wordt dan direct meegenomen met de verse buitenlucht die de stal inkomt en koelt onmiddellijk de inkomende lucht. Het is ook mogelijk om de nevelsproeiers elders in de stal te plaatsen en de nevel met recirculatieventilatoren in de stal te verspreiden. Uit ervaring blijkt dat plaatsing ter hoogte van de inlaatventielen het grootste koelend effect geeft. Hoe fijner de nevel, hoe groter het koelend effect. De fijnheid van de nevel is o.a. afhankelijk van de druk op de nevellijn en de grootte van de opening in de sproeiers. Door koeling kan de staltemperatuur 6 tot 8 °C dalen (afhankelijk van de koelcapaciteit of de hoeveelheid water die per m³ kan verdampt worden).

Een hogedruknevelsysteem kan daarnaast ook gebruikt worden voor de bevochtiging van de lucht in het begin van de ronde. Voor het reinigen kan je de stal met dit systeem inweken, waarna deze sneller en met minder water kan gereinigd worden.

Aandachtspunten verneveling:

- Dit systeem brengt extra vocht in de stal. Zorg steeds voor een voldoende hoog ventilatiedebiet en luchtcirculatie om te vermijden dat het voordeel van het koelen door de verdamping van de fijne nevel verloren gaat.
- Laat het nevelsysteem werken met intervallen, waarbij afwisselend een tijd vocht wordt verneveld en een tijd geen vocht in de stal komt.
- De meeste klimaatregelaars hebben de mogelijkheid om het nevelsysteem uit te schakelen als de RV boven een ingestelde maximum % RV komt. Volg steeds het verloop van de RV en het gedrag van de dieren goed op bij gebruik van de verneveling.

Pad koeling:

Bij padkoeling wordt eveneens gebruik gemaakt van verdampingskoeling en gaat de warme buitenlucht door een nat gehouden pakket van behandeld cellulose (de "pad"). Bij hoge temperaturen loopt door dit pakket continu water. De buitenlucht, die door de 'pad' gezogen wordt, neemt vocht op door de verdamping van water en koelt af (waardoor de RV stijgt).

De temperatuur van het water dat over de 'pad' loopt is hierbij van weinig belang. Het koelend effect is gebaseerd op de verdamping van water. Hier is energie voor nodig, die onttrokken wordt uit de lucht die door de pad gezogen wordt.



Pad koeling voor de luchtinlaat



Ruimte tussen pad koeling en inlaatventielen naar de stal

Bovenaan de pad is een goot of buis met openingen voorzien waar het water ingepompt wordt. Het verdeelsysteem zorgt voor een gelijkmatige verdeling van het water over de volledige lengte van de 'pad, zodat het hele systeem nat wordt. Het water loopt door de pad, waar het deels verdampt. Onderaan wordt het resterende water opgevangen in een goot. Dit water loopt terug naar het waterreservoir waaruit de waterpomp het water trekt om naar het padkoelsysteem te sturen. Het is aangewezen om het waterreservoir te voorzien van een vlotter en bijvulsysteem om het waterniveau op peil te houden.

Naast pads in cellulose bestaan er ook plastic pads. Deze hebben wel een lagere koelcapaciteit. Afhankelijk van de luchtvochtigheid, het materiaal en de koelcapaciteit kan een pad koeling zorgen voor een daling van de staltemperatuur van 6 tot 8 °C. Hoe hoger de temperatuur en hoe lager de relatieve luchtvochtigheid, hoe hoger het koelend effect in de stal is.

Aandachtspunten pad koeling:

- Pad koeling brengt extra vocht in de stal. Zorg steeds voor een voldoende hoog ventilatiedebiet en luchtcirculatie om te vermijden dat het voordeel van het koelen verloren gaat door de hoge RV.
- Bij pad koeling wordt de inkomende lucht gekoeld op het moment dat de lucht door de pads gezogen wordt. De lucht moet zoveel mogelijk door de pads gaan. Het systeem vereist dus dat de stal goed 'luchtdicht' is.
- Bij pad koeling is het aangewezen om ervoor te zorgen dat de buitenlucht achter de pads eerst in een soort 'voorruimte' komt vooraleer de lucht via inlaatventielen in de stal terecht komt. Zo kan je met de stand van de inlaatventielen en de onderdruk beter sturen hoe de (gekoelde) buitenlucht in de stal komt en vermijden dat het strooisel vlak achter de 'pads' te snel nat wordt. Dit maakt dat een 'pad koeling' meestal gecombineerd wordt met een tunnelinlaat.

Opletten met natte koeling

Bij nevelkoeling en pad koeling kan de staltemperatuur 6 tot 8 °C dalen, dit komt omdat de verdamping van water energie onttrekt uit de lucht. Deze koeling leidt echter tot een hogere RV in de stal. Het kuiken kan dan minder warmte afgeven via de verdamping van vocht via de ademhaling. Er moet voor gezorgd worden dat de RV niet te hoog oploopt. De meeste klimaatregelaars kunnen de natte koeling beperken op basis van RV. Voldoende ventileren om de vochtige stallucht af te voeren en meer luchtbeweging rond de kuikens te krijgen is dan noodzakelijk.

Hittestress voorkomen

Bij gevaar op hittestress, kan je een aantal maatregelen nemen:

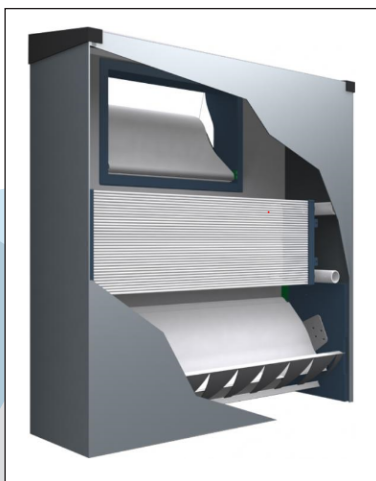
- zorg voor voldoende luchtcirculatie op dierniveau, extra circulatieventilatoren bijplaatsen kan helpen
- zorg voor voldoende en fris water
- voeg eventueel extra mineralen en vitaminen toe aan het drinkwater
- donkerperiodes kan je verschuiven naar de warmste momenten van de dag
- voeder meer 's avonds / 's nachts, stop met voederen ongeveer 4 uur voor de verwachte maximale temperatuur
- maar houdt bij mechanisch geventileerde stallen zeker de deuren dicht

Ga voorbereid de zomerperiode in:

- pas de bezetting aan in functie van seizoen en stalcapaciteit (ventilatie, koeling)
- controleer alle inlaten en ventilatoren op vervuiling en goede werking
- test de werking van de koeling vooraf, vervang sproeikoppen van de verveling waar nodig / controleer de 'pad'
- check of de alarmsystemen goed werken

Koeling m.b.v. warmtewisselaar:

Het gebruik van een water/lucht warmtewisselaar biedt de mogelijkheid om de lucht te koelen zonder dat er vocht toegevoegd wordt aan de lucht. Dit systeem vermijdt dat de RV in de stal hoog oploopt tijdens het koelen. Op de figuur is een voorbeeld van een water/lucht warmtewisselaar weergegeven.



Luchtinlaat met onderaan regelbare klep om windinvloed op te vangen, in het midden een warmtewisselaar (water/lucht) om te koelen/verwarmen en bovenaan inlaatventiel naar de stal (StienenBE)

Het water dat door de wisselaar wordt gepompt, zorgt in de zomer voor de koeling van de warme buitenlucht en in de winter kan het de koude buitenlucht voorverwarmen. Het systeem laat dus toe om zowel de invloed van een hoge als een lage buitentemperatuur te beperken. Dit zorgt voor een beter en constanter stalklimaat. Het voorkomt problemen met hittestress en vermindert problemen met koude inkomende lucht (tocht,

vallende lucht en condens). Door de koeling van de inkomende lucht zonder toevoeging van extra vocht, kan de vereiste ventilatiecapaciteit sterk verlaagd worden (tot 50% lager wordt vooropgesteld door de leveranciers).

Meestal maken dergelijke water/lucht-warmtewisselaars gebruik van een uitwisseling van warmte met het grondwater (bv. via PE-leidingen in de grond / warmtepomp). Het grondwater heeft het hele jaar door een temperatuur van ongeveer 10 °C. Het gebruik van een grondwaterwarmtewisseling laat toe om pieken in de buitentemperatuur van ca. -10 tot 30 °C af te vlakken naar een luchtinlaattemperatuur van ca. 8 tot 20 °C (afhankelijk van de dimensionering van het warmtewisselingssysteem en ventilatiedebiet), zodat de schommelingen in de temperatuur van de inkomende lucht veel kleiner zijn.

Aandachtspunt:

- De beveiliging tegen vorst vereist de nodige aandacht bij het ontwerp en gebruik.

Verwarming

Bij lage buitentemperaturen en vooral bij jonge kuikens is verwarming van de stallen noodzakelijk. Alle vleeskuikenstallen zijn dan ook voorzien van een ruimteverwarmingssysteem. Dit kan een direct of indirect systeem zijn. Als directe verwarming zijn vooral de heteluchtkanonnen op petroleum gebruikelijk, waarbij meestal ook alle reststoffen van de verbranding (gassen en vocht) in de stallucht terecht komen. Intussen zijn er een aantal varianten van deze heteluchtkanonnen op de markt die voorzien zijn van een aanvoer van zuurstof en een afvoer van de gassen naar buiten. Naast de kanonnen op petroleum zijn er ook verwarmingstoestellen op aardgas. De laatste jaren worden ook meer en meer indirecte verwarmingssystemen geplaatst omwille van brandveiligheid en hun erkenning als ammoniak emissiearm stalsysteem. Centrale verwarming met heaters of deltabuizen zijn enkele voorbeelden van indirecte verwarming.

Naar aanleiding van het ADLO-demoproject 'CO₂-reductie in de vleeskuikenhouderij door een optimale verwarming van stallen' heeft het Proefbedrijf Pluimveehouderij reeds de brochure "Stalverwarming en CO₂ onder controle houden? Een uitdaging" uitgegeven. In deze brochure zijn de meest gebruikte verwarmingssystemen kort besproken. Deze brochure is beschikbaar op onze website 'www.provincieantwerpen.be/proefbedrijf' en kan aangevraagd worden via proefbedrijf@provincieantwerpen.be

Warmtewisselaar lucht-lucht

Pluimveestallen worden steeds vaker voorzien van een warmtewisselaar die zorgt voor een uitwisseling van warmte tussen de lucht die afgezogen wordt uit de stal en de verse buitenlucht die in de stal komt. Deze warmtewisselaars maken gebruik van een lucht-lucht warmtewisseling. De verse buitenlucht wordt via een ventilator door de lamellen van de warmtewisselaar getrokken. Tegelijkertijd zuigt een andere ventilator warme stallucht af uit de stal, en trekt deze warme lucht in tegenovergestelde richting langsheen de lamellen van de warmtewisselaar. De lamellen zorgen ervoor dat beide luchtstromen gescheiden blijven, zodat de verse buitenlucht niet gecontamineerd wordt door de afgezogen lucht en tevens toch een goede uitwisseling van warmte gerealiseerd wordt. Op deze manier komt de verse, koude buitenlucht opgewarmd in de stal. Doorgaans wordt het hele warmtewisselingssysteem in een geïsoleerde kast/container naast de pluimveestal geplaatst. De opgewarmde inkomende lucht wordt meestal via buizen bovenaan in de stal binnengebracht en wordt daar langs recirculatieventilatoren verdeeld over de stal.

Deze warmtewisselaars laten toe om een groot deel van de warmte uit de afgezogen stallucht te recupereren. De leveranciers stellen een energiebesparing voor de verwarming van 50% voorop. De wisselaars kunnen een rendement van 70 tot 90 % behalen. Dit rendement is afhankelijk van de temperatuur en vochtigheid in zowel de stallucht als de buitenlucht.

Bij gebruik van een warmtewisselaar in een vleeskuikenstal kan in het eerste deel van de ronde de volledige minimumventilatie gebeuren via de warmtewisselaar (zowel afzuiging als luchtinlaat). Nadien kunnen dan geleidelijk aan extra ventilatoren en luchtinlaatventielen geopend worden.

Voordelen warmtewisselaar:

- lager energieverbruik voor de verwarming d.m.v. de warmterecuperatie met dus lagere verwarmingskosten en een lagere CO₂-uitstoot van de verwarming
- verbetering van het stalklimaat: minder risico op tocht en vallende lucht omdat de lucht reeds (deels) opgewarmd in de stal komt
- verbetering van strooiselkwaliteit met lagere ammoniakemissie (erkend als ammoniakemissie-arm stalsysteem)

Aandachtspunt:

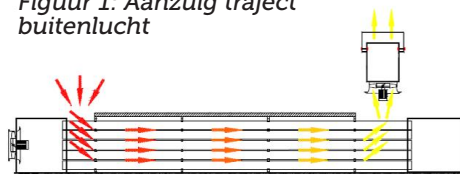
- de lucht in pluimveestallen bevat hoge stofconcentraties, dit stof kan in de warmtewisselaar neerslaan en na verloop van tijd het rendement van de warmtewisseling sterk doen dalen. Bij het ontwerp van de warmtewisselaar moet hier rekening mee gehouden worden. Gebruik bij voorkeur stofafstotende materialen in de wisselaar en zorg ervoor dat het hele systeem op regelmatig basis vlot en makkelijk met een hogedrukreiniger kan gereinigd worden.



De verse lucht komt binnen door de lamellen, de warme lucht gaat langs de lamellen naar buiten



Figuur 1: Aanzuig traject buitenlucht



Figuur 2: Afzuig traject stallucht

*Principe van een warmtewisselaar
(bron: Kolsters Agro)*

Warmtewisselaar water-lucht

Een alternatief voor de lucht/lucht-warmtewisseling is de water/lucht-warmtewisseling. Dit systeem kan gebruikt worden voor het 'conditioneren' van de inkomende lucht: zowel voor het voorverwarmen in koudere periodes als voor het koelen in de zomer (zie 'koeling m.b.v. warmtewisselaar'). Het water in de buizen van de warmtewisselaar is in de winter warmer dan de binnenkomende lucht, waardoor deze opwarmt. In de zomer is dit net omgekeerd.



In de gang wordt de buitenlucht voorverwarmd door de water-lucht warmtewisselaar

Deze wisselaars maken meestal deel uit van een integraal stalconcept rond warmterecuperatie en energieproductie, waarbij men gebruik maakt van warmteopslag in de bodem. Dit kan met een warmtewisseling via horizontale of verticale slangen in de grond waardoor water stroomt. Een alternatief is werken via grondwaterbronnen, waarbij om te koelen (in de zomer) het water opgepompt wordt uit een diepe grondlaag en na de wisselaar terug in een andere grondlaag gepompt wordt. Om te verwarmen (in de winter) gaat men het water in de andere richting pompen.

Een alternatief voor het conditioneren van de inkomende lucht is de verse buitenlucht eerst door ondergrondse buizen te trekken, hierbij kan de lucht in de winter opwarmen en in de zomer afkoelen. Om zo een goede conditionering te bekomen, moeten de buizen voldoende lang voorzien worden. In de varkenssector wordt dit systeem volop gebruikt. Omwille van de hoge ventilatiebehoeften bij pluimvee, wordt dit systeem niet zoveel gebruikt in de pluimveesector.

Aandachtspunt:

- De beveiliging tegen vorst vereist de nodige aandacht bij het ontwerp en gebruik.

Het klimaat op dierniveau verbeteren via conditionering

De openingen van de luchtinlaat moeten voortdurend aangepast worden aan de variaties in buitentemperatuur, windsnelheid en -richting. Deze factoren hebben immers een groot effect op de luchtverdeling en het luchtpatroon in de stal. Een manier om dit effect af te zwakken is het conditioneren van de lucht. Dit kan zowel via koelen als verwarmen. De nieuwe vleeskuikenstal op het Proefbedrijf beschikt over een conditioneringsruimte waar de lucht ter hoogte van de inlaatopening enerzijds kan gekoeld worden via een pad koeling en anderzijds kan opgewarmd worden via een centraal verwarmingssysteem met 'twin'-verwarmingsbuizen.

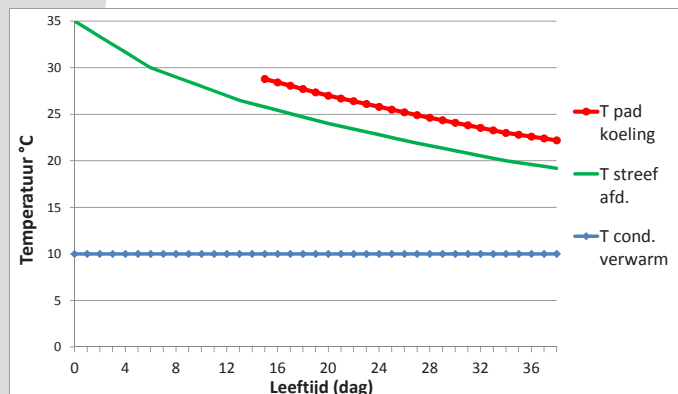


Met een pad koeling kan je de temperatuur van de inkomende lucht sterk verlagen op warme zomerdagen.



Conditioneringsruimte met regelbare luchtinlaatklep en 'twin'-verwarmingsbuizen

Het voorbije jaar hebben we op het Proefbedrijf Pluimveehouderij het conditioneren van de inkomende lucht onderzocht. Bij een lage buitentemperatuur is de inkomende lucht opgewarmd tot 10 °C. Bij hoge temperaturen is de inkomende lucht gekoeld met de pad koeling. Van zodra de temperatuur in de dierruimte 3 °C hoger was dan de vooropgestelde streeftemperatuur, werd de pad koeling ingeschakeld.



Gebruikte instelling voor de conditionering van de inkomende buitenlucht

Pad koeling

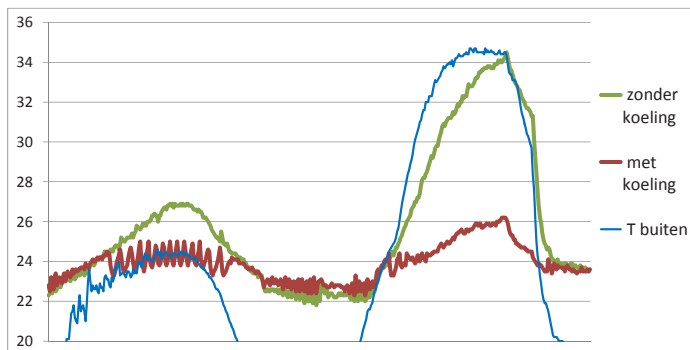
In deze proef is bewust gekozen om de pad koeling reeds vrij vroeg in te schakelen (3 °C boven de streeftemperatuur) zodat we gelijktijdig konden nagaan in welke mate het koelingssysteem ingezet kan worden om het vereiste ventilatiedebiet te verlagen. Indien dit mogelijk is, leidt dit automatisch tot een verlaging van de energie- en investeringskosten voor ventilatie.

Impact op staltemperatuur

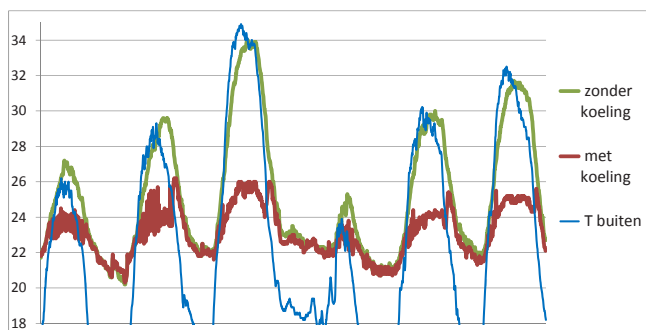
De voorbije zomer heeft het Proefbedrijf Pluimveehouderij de eerste ervaringen opgedaan met de pad koeling. Tijdens 2 zomerrondes hadden we, tijdens de laatste week van de ronde, hoge buitentemperaturen waarbij de pad koeling (dikte 15 cm) een aantal dagen volop gewerkt heeft. Uit de metingen blijkt:

- Bij een buitentemperatuur van 34 °C kan een koelend effect van 8 °C behaald worden in de afdelingen met pad koeling ten opzichte van afdelingen zonder koeling.
- Bij een buitentemperatuur van 27 tot 31 °C was de temperatuur in de afdelingen met de pad koeling beduidend lager dan in de afdelingen zonder koeling.

Het resultaat was een hoger voederverbruik, lager waterverbruik, lagere water/voederverhouding en hogere groei. Op de warmste dagen was er ook duidelijk minder uitval in de afdelingen met de pad koeling.



Verloop van de temperatuur in de stal met pad koeling versus stal zonder koeling (periode: 4-5/06/2015 - dag 30-31)



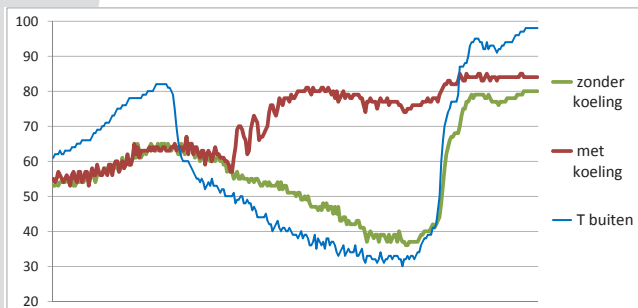
Verloop van de temperatuur in de stal met pad koeling versus stal zonder koeling (periode: 1/8 tot 6/8/2015 - dag 32-37)

Impact op relatieve vochtigheid

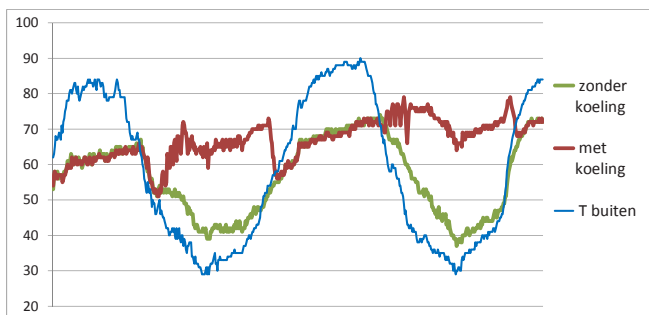
Pad koeling is net als een hogedrukverneveling een systeem dat extra vocht in de stal brengt en zorgt voor een hogere RV in de stal.

- In de afdelingen zonder koeling daalde de RV in de stal tijdens de warmste uren van de dag onder de 40%.
- In de afdelingen met de pad koeling bleef de RV in de stal tussen 60 en 80% (afhankelijk van buitentemperatuur en RV).

Op 5/06 stak er in de late namiddag een onweer op waarbij de RV in de afdeling zonder koeling sterk steeg van 40 tot 80%. In de afdeling met de pad koeling liep de RV op tot 84%. Bij zo'n hoge RV kunnen de kuikens veel minder vocht verdampen via de ademhaling en kunnen ze hun warmte moeilijker kwijt. Zorg dat de RV niet te hoog oploopt om problemen te vermijden. De meeste klimaatregelaars hebben de mogelijkheid om de natte koeling uit te schakelen als de RV boven een ingestelde maximum waarde komt. Bij een hoge temperatuur en hoge RV moet voldoende luchtbeweging op dierniveau voorzien worden.



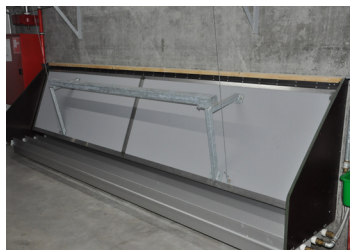
Effect van natte koeling op de RV (5/06/2015 - dag 31)



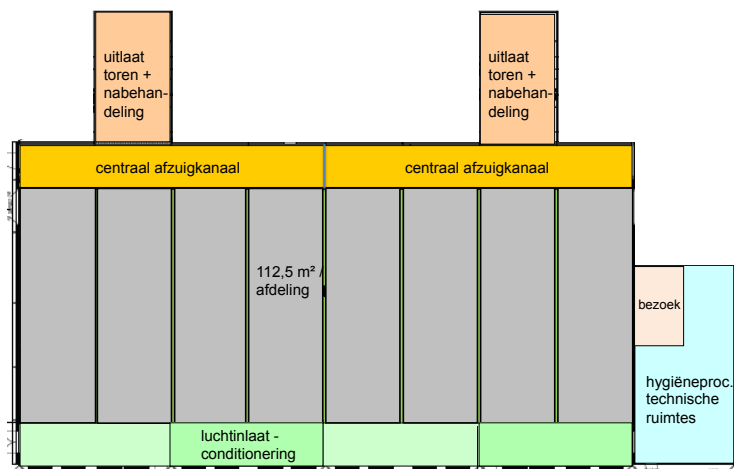
*Effect van natte koeling
op het RV% (periode:
5-6/08/2015 - dag 36-37)*

Verwarming

Tijdens de winter 2015-2016 hebben we het effect van het opwarmen van de inkomende lucht opgevolgd. De nieuwe vleeskippenstal beschikt over 8 afdelingen met elk 2350 dieren. Per 2 afdelingen is er een conditioneringsruimte voorzien waar de inkomende lucht eerst kan opgewarmd worden in de winter. Via inlaatventielen komt de lucht dan vanuit de gang in de afdelingen met de dieren.



*Twin-verwarmingsbuizen onder
de regelbare luchtinlaatklep*



Grondplan van de nieuwe vleeskippenstal op het Proefbedrijf Pluimveehouderij

In 2 van de 4 conditioneringsgangen hebben we de lucht opgewarmd om het verschil tussen de staltemperatuur en buitentemperatuur te verkleinen en de variaties in temperatuur van de inkomende lucht te beperken. Hierbij is de opening van de grote luchtinlaatklep afgestemd op de ventilatiebehoefte bij de dieren.

In de andere 2 conditioneringsruimtes is de verwarming niet gebruikt en is bovendien de grote luchtinlaatklep volledig open gezet gedurende de hele ronde om zoveel mogelijk de invloed van het wisselende buitenklimaat (temperatuur, wind) te behouden.

Door de luchtinlaatklep volledig open te zetten was er bij die afdelingen geen onderdruk in de conditioneringsgang ten opzichte van buiten, terwijl er bij de andere afdelingen gestuurd is op een onderdruk van ca. 6 Pa. Bij alle afdelingen zijn de inlaatventielen tussen de gang en de dierruimte gestuurd op onderdruk waarbij een onderdruk van ca. 15 Pa aangehouden werd. Globaal was er bij de groepen waar de grote luchtinlaatklep volledig open stond minder drukverschil over het traject 'luchtinlaat - gang - dierruimte - centraal afzuigkanaal'. In deze afdelingen is hierdoor iets meer geventileerd dan vooropgesteld, waardoor de temperatuur in deze afdelingen meer onderuit ging en er meer bijverwarmd moest worden.

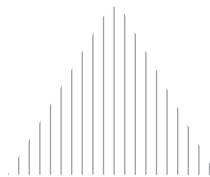
Impact op de luchtverdeling

Bij gebruik van de conditionering en het automatisch bijsturen van de opening van de luchtinlaatklep zagen we in de dierruimte een betere luchtverdeling. De opening van de inlaatventielen moest er minder frequent bijgestuurd worden en de verdeling van de dieren over de afdeling was er beter. Dit wijst op een beter klimaat op dierniveau, minder risico op tocht en nat strooisel door condensatie van vocht. De conditioneringsruimte vangt ook wijzigingen in windsnelheid en windrichting op en zorgt zo voor een constanter stalklimaat.

Impact op de energiekosten

In combinatie met een warmterecuperatiesysteem laat een conditionering toe om de energiekosten voor de verwarming sterk te verlagen. Vaak wordt hiervoor gebruik gemaakt van een warmtewisselaar.

De komende jaren gaan we de conditionering van de inkomende lucht blijven opvolgen en de effecten op diergezondheid en prestaties van de dieren verder evalueren.



Optimale prestaties van de dieren

Door een goede instelling van de klimaatregeling (temperatuur, relatieve vochtigheid, gassen, ...) kan de pluimveehouder de gezondheid en de technische prestaties van de kuikens optimaliseren. De klimaatregeling heeft immers een rechtstreekse impact op het metabolisme van de groeiende vleeskuikens. Zo wordt bij een inefficiënte klimaatsturing het metabolisme te veel belast waardoor de technische prestaties afnemen en er zelfs gezondheidsproblemen kunnen ontstaan.

- Bijvoorbeeld, indien de RV in de stal te laag is, ontstaat er veel stof in de stal en drogen de slijmvliezen ter hoogte van de ademhalingswegen uit. Daardoor ontstaan er bij de kuikens meer ademhalingsproblemen met als mogelijk gevolg meer antibioticagebruik bij de behandeling ervan.
- Wanneer je een hoger aandeel dieren met zool- of hakletsels of borstblaren vaststelt, kan dit het gevolg zijn van nat strooisel. In dit geval dienen naast de diergezondheid en voederkwaliteit ook zeker de ventilatie-instellingen onder de loep genomen en eventuele lekkages aan de drinkwaterleidingen opgespoord.

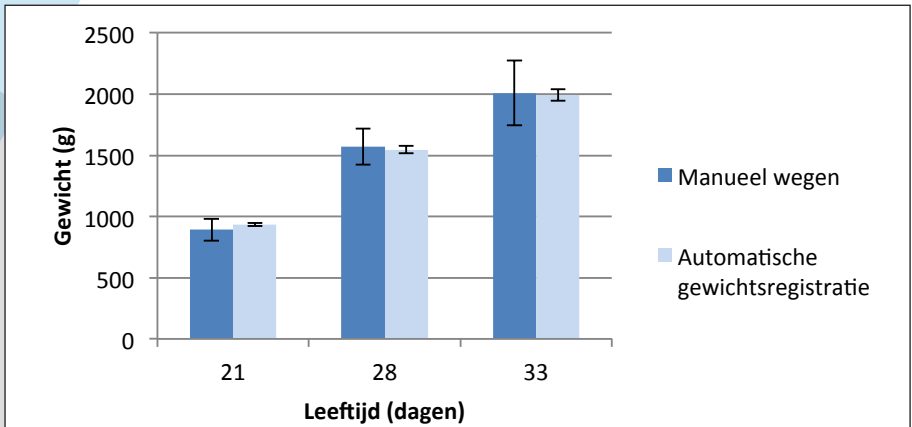
Om de klimaatregeling optimaal in te stellen, moet er ook rekening worden gehouden met de intrinsieke eigenschappen van de kuikens (genetica, leeftijd moederdieren, ...) zelf. Deze variëren van productieronde tot productieronde en zorgen ervoor dat er geen vaste ideale klimaatinstelling bestaat, maar dat die intens moet worden opgevolgd en bijgestuurd waar nodig.

Demonstratieproeven

Om het verband tussen het stalklimaat en de optimale prestaties van de kippen te bekijken, werd door de KU Leuven een demoproef met vleeskuikens opgestart. Gedurende 5 rondes (van maart tot november) werden op het Proefbedrijf Pluimveehouderij vleeskuikens opgevolgd.

Tijdens de laatste 3 weken van elke ronde zijn een reeks metingen uitgevoerd. Per compartiment zijn kuikens manueel gewogen, is de verdeling van de kuikens in de stal beoordeeld, zijn gedragsobservaties uitgevoerd, is de strooiseltemperatuur gemeten en zijn individuele letselscores (t.h.v. de voetzolen, de hakken en de borst) op verschillende leeftijden toegekend en is de strooiselkwaliteit meermaals gescoord. De ingestelde klimaatparameters (ventilatie, conditionering) waren hierbij gekend voor elk compartiment. De resultaten van deze demonstratierondes zijn hieronder samengevat in enkele praktische richtlijnen:

- Uit de literatuur blijkt dat er een koppeling is tussen het microklimaat en de groei van de dieren. Bij een afwijkend klimaat groeien de dieren minder goed en is er bovendien minder uniformiteit in gewicht van de vleeskuikens. Om de groei op te volgen, kan je de dieren op regelmatige tijdstippen wegen. Automatische gewichtsregistratie met behulp van weegplateaus is daarbij een nuttige tool, maar de resultaten tonen aan dat pluimveehouders die de investering niet willen/kunnen maken, ook op regelmatige tijdstippen een aantal willekeurige kippen handmatig kunnen wegen. Dit geeft vergelijkbare informatie en vraagt een kleinere investering. De resultaten tonen aan dat het wegen van slechts 0,1% van de aanwezige dieren reeds een representatief beeld van het gemiddelde gewicht van de vleeskuikens in de stal geeft.



Gemiddelde diergewichten, bepaald door automatische gewichtsregistratie via weegplateaus of manueel wegen van 0,1% van de dieren in de stal.

- De **spreiding/verdeling** van de dieren in de stal wordt uniformer naarmate de dieren ouder/groter worden. Het is vooral van belang om de spreiding in het oog te houden bij jongere dieren. Indien de ventilatie niet goed is afgesteld, zullen de dieren bijvoorbeeld in kleine groepjes bij elkaar kruipen, ze zoeken dan elkaars lichaamswarmte op. Dat betekent dat de strooiselkwaliteit dan ook varieert in functie van de plaatsen waar de kuikens groeperen.



Kuikens met een leeftijd van 9 dagen (links), en 40 dagen (rechts)

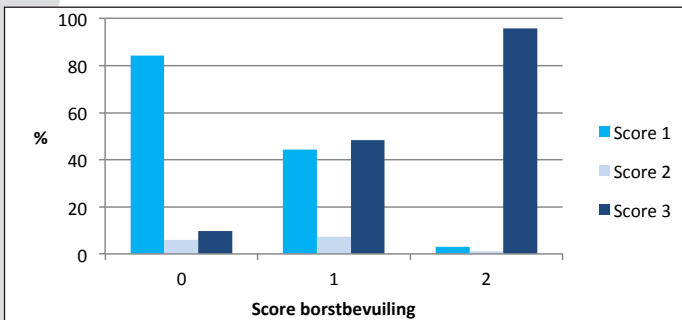
- Wanneer de dieren zwaarder/ouder worden, kunnen er meer borstbevuiling, borstblaren en voetzoollaesies voorkomen. Uit de demoproef blijkt dat dit ook aan de strooiselkwaliteit gerelateerd is. Daarom is het bij oudere dieren van belang om de strooiselkwaliteit in het oog te houden. Dit kan aan de hand van een eenvoudige score op enkele plaatsen in de stal toe te passen. Bij problemen met de strooiselkwaliteit moeten naast de diergezondheid en voederkwaliteit, ook zeker de ventilatie-instellingen nagekeken worden. Een goede en efficiënte ventilatie draagt immers bij aan een goede strooiselkwaliteit.

Score	Omschrijving
0	Strooisel is volledig droog en gemakkelijk met de voet te bewegen.
1	Droog maar niet gemakkelijk met de voet te bewegen.
2	Laat een indruk van de voet achter en zal een bal vormen als je het bijeen duwt, maar de bal blijft niet goed heel.
3	Blijft aan de schoen plakken en blijft in een balvorm als het gevormd is.
4	Blijft aan de schoen plakken als de harde bovenkorst is gebroken.

Tabel 7: Overzicht van de verschillende scores om strooiselkwaliteit te beoordelen (Welfare Quality Assessment Protocol for poultry, 2009)

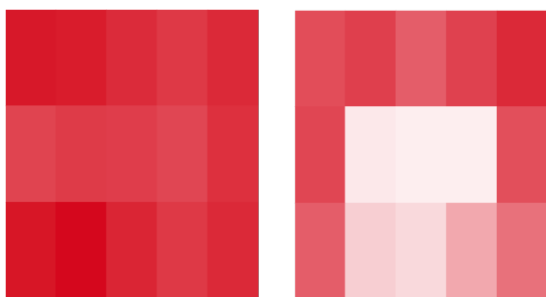


strooiselkwaliteit: score 1 (links boven), 2 (rechts boven),
3 (links onder) en 4 (rechts onder)



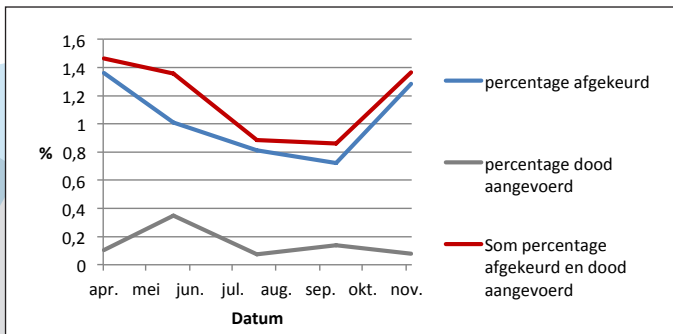
Relatie tussen strooiselkwaliteit en borstbevuiling.
Strooisel met score 0 of score 4 kwam niet voor tijdens de observaties.

- Ook het meten van de strooiseltemperatuur kan heel wat informatie bieden. Naarmate de kuikens ouder worden (vanaf een tiental dagen), wordt het strooisel vochtiger en voelt het warm aan door broei en opwarming door de kuikens. Als het bij een vroegere leeftijd van de kuikens reeds vochtig wordt, is de strooiseltemperatuur te laag of is er eventueel een lekkage aan het drinkwatersysteem. Op plaatsen waar het strooisel vochtig is of waar weinig of geen kuikens komen, ontstaat geen broei en de vloer wordt koud. Kuikens mijden die plaatsen nog meer en condensvorming verslechtert het strooisel verder.



Visuele voorstelling van de strooiseltemperatuur in de stal waarbij de stal in virtuele stukken is gedeeld en waarbij in ieder deel/stuk de strooiseltemperatuur is gemeten. Hoe roder de kleur, hoe warmer het strooisel. Links: de strooiseltemperatuur doorheen de stal is vrij homogeen. Rechts: In het midden van de stal is de temperatuur laag. Een laag hangende ventilator zorgt voor meer luchtverplaatsing, waardoor er minder kuikens zitten en het strooisel er kouder is.

- Het stalklimaat kan ook de slachtlijnbevindingen beïnvloeden. Zo zagen we tijdens deze 5 rondes in de zomermaanden een daling in het percentage dieren dat wordt afgekeurd of dood wordt aangevoerd in het slachthuis. Hoewel de klimaatparameters op dezelfde manier ingesteld waren, is er in de zomerrondes meer geventileerd omdat het buiten warmer was. Het ventilatiedebiet beïnvloedt verschillende klimaatparameters zoals CO_2 , NH_3 , ... en kan op die manier een effect hebben op de uiteindelijke resultaten van de dieren, zelfs tot in de slachterij. De slachtlijnbevindingen kritisch onder de loep nemen en interpreteren, draagt bij tot een goed management.



Effect van het seizoen op de slachresultaten.

Ondanks het feit dat de klimaatsensoren stabiele klimaatparameters registreren, kan in een stal afhankelijk van de plaats waar je je bevindt het klimaat variëren. Er zijn verschillende parameters die de pluimveehouder kan monitoren om te controleren of het microklimaat in orde is. Door regelmatig een aantal dieren te wegen, de verdeling van de dieren doorheen de stal in de gaten te houden en de strooiselkwaliteit te controleren, kan een beeld worden gevormd over het microklimaat. Deze parameters kunnen de pluimveehouder informeren wanneer het nodig is om de klimaatinstellingen aan te passen.

Besluit

Een optimale klimaatregeling vertrekt vanuit het kuiken en zijn omgeving. Naast water en voeder heeft een kuiken vooral een optimale temperatuur nodig. Hiervoor is op zijn beurt een goede klimaatsturing noodzakelijk.

Het stalklimaat wordt beïnvloed door verschillende processen die spelen in én rond de stal. Sommige processen, zoals de ventilatiecapaciteit en het luchtpatroon, zijn door de pluimveehouder te managen. Over sommige andere processen, zoals wind en hitte, heeft hij geen controle. Een pluimveehouder moet zijn instellingen dan ook continu aanpassen aan de veranderende omstandigheden. Hiervoor kan hij zich baseren op bestaande adviezen rond temperatuur, relatieve vochtigheid en ventilatie. Via verschillende parameters in de stal kan hij controleren of het stalklimaat in orde is.

Ook variaties in buitentemperatuur, windsnelheid en –richting hebben een groot effect op de luchtverdeling en luchtpatroon in de stal. Een manier om de luchtverdeling en het stalklimaat minder afhankelijk te maken van de buitenomstandigheden is het conditioneren van de lucht. Dit kan zowel via koelen als verwarmen. Uit de eerste proeven bleek alvast dat de luchtverdeling inderdaad verbeterd wanneer je gebruik maakt van conditionering en de automatische bijsturing van de luchtinlaatklep.

De beste sensoren zijn vaak de dieren zelf. Vergeet dus zeker niet om hun gedrag, hun gewicht en strooiselkwaliteit regelmatig te controleren. Ga ook af en toe tussen de dieren zitten. Zo ervaar je zelf het klimaat op dierniveau. Aangezien het klimaat kan verschillen doorheen de stal, zet je je best op verschillende plaatsen neer.

Literatuurlijst

- Benodigde minimumventilatie bij open en gesloten verwarmingssystemen bij vleeskuikens; Hilko Ellen; presentatie op studiemiddag Proefbedrijf Pluimveehouderij, 25 juni 2015
- Climatisation of animal houses; Pedersen en Sällvik; CIGR rapport 2002
- Cobb Broiler Management Guide 2012; www.cobb-vantress.com
- Evaporative cooling systems: how and why they work (2013); www.thepoultrysite.com
- Haltung von masthühnern; DLG- Merkblatt 406 (2014); www.dlg.org
- Heat stress in poultry: solving the problem; Defra 2005; www.defra.gov.uk
- Huisvesting van vleeskippen; Suzy Van Gansbeke, Tom Van den Bogaert; Vlaamse overheid, departement landbouw en visserij (2011)
- Kipsignalen: praktijkgids voor diergericht pluimvee houden (2009); M. Bestman, M. Ruis, J. Heijmans, K. van Middelkoop; Roodbont Publishers, www.roodbont.nl
- Klimaatrichtlijnen vleeskuikens traditionele huisvesting (2015); Klimaatplatform Pluimveehouderij; www.wageningenur.nl/nl/show/Klimaatplatforms-Varkens-en-Pluimveehouderij.htm
- Poultry production manual (2014); University of Kentucky, College of Agriculture; www2.ca.uky.edu/poultryprofitability/production_manual.html
- Richtlijn 2007/43/EG van 28 juni 2007 tot vaststelling van minimumvoorschriften voor de bescherming van vleeskuikens, Publicatieblad L182 van de Europese Unie 12.7 (KB 13/06/2010 tot vaststelling van de minimumvoorschriften voor de bescherming van vleeskuikens (B.S. 18/06/2010))
- Ross Broiler Management Handbook 2009 en 2014; www.aviagen.com
- StienenBe: AeroSolution; www.stienenbe.com
- Ventilatie en klimaatbeheersing bij varkensstallen; Suzy Van Gansbeke, Tom Van den Bogaert, Norbert Vettenburg; Vlaamse overheid, departement landbouw en visserij (2009) Ventilatie in de pluimveehouderij; Nathalie Van Hulle; presentatie op studiemiddag Proefbedrijf Pluimveehouderij, 25 juni 2015
- Vleeskuikensignalen: praktijkgids voor kuikengericht management (2013); M. de Gussem, K. van Mullem, K. van Middelkoop, E. van 't Veer; Roodbont Publishers; www.roodbont.nl
- Wat betekent deze respiratieproef voor de praktijk?; Henk Rodenboog; presentatie op studiemiddag Wageningen UR; 11 juni 2014
- What affects the climate in poultry houses?; Jan Hulzebosch; World Poultry vol. 20 nr. 7 2004



Provincie
Antwerpen

KU LEUVEN