

Temperatuur en RV bij mest/strooiseldroging

B. F. J. Reuvekamp, onderzoeker legpluimveehouderij

Drogen van mest of strooisel betekent vocht afvoeren. De hoeveelheid vocht die afgevoerd kan worden hangt onder andere af van de hoeveelheid lucht die we over of door de mest of het strooisel sturen en de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid (RV) van die lucht. Via de temperatuur kan de RV van de lucht geregeld worden.

Inleiding

Wanneer bekend is hoeveel vocht afgevoerd moet worden uit de mest kan vrij eenvoudig worden uitgerekend hoeveel lucht met een bepaalde temperatuur en RV nodig is. Dit kan door het vochtopnemend vermogen te berekenen van de hoeveelheid lucht die over de mest gaat. Door zo dicht mogelijk de minimaal benodigde droogcapaciteit (temperatuur, RV en hoeveelheid lucht) te benaderen kan met minimale energiekosten het gewenste droogresultaat worden bereikt.

In 'Praktijkonderzoek' no. 95/1 is aandacht besteed aan de benodigde hoeveelheid lucht om mest/strooisel te drogen. In dit artikel zullen temperatuur en RV van de lucht behandeld worden. Aan de orde komt:

- Wat is de samenhang tussen temperatuur, RV en het vochtopnemend vermogen van de lucht?

- Hoe kunnen we de gewenste temperatuur (en RV) bereiken en welke problemen kunnen we daarbij tegenkomen?
- Hoe kunnen we gebruik maken van de warmte van de dieren?
- Wat is de invloed van geheel of gedeeltelijk met stallucht drogen?
- Kunnen we voor iedere situatie temperatuur, RV en hoeveelheid lucht dusdanig combineren dat we altijd het gewenste droge stofgehalte verkrijgen met een minimum aan (energie)kosten?

Temperatuur, RV en vochtopnemend vermogen

Temperatuur en RV bepalen samen het vochtopnemend vermogen van de lucht die over de mest wordt gestuurd (zie tabel 1). Wordt lucht met een gegeven temperatuur

Tabel 1: vochtopnemend vermogen (g vocht/kg droge lucht) van lucht, afhankelijk van temperatuur en RV.

RV	Temperatuur		
	10 °C	15 °C	20 °C
40 %	3,9	5,4	7,3
60 %	2,3	3,3	4,4
80 %	0,8	1,1	1,4

Voor berekening van het vochtopnemend vermogen van lucht is ervan uitgegaan dat de lucht bij een bepaalde temperatuur maximaal tot 90 procent RV vocht kan opnemen.

en RV opgewarmd, dan zal de RV dalen en kan de lucht dus meer vocht opnemen.

In principe is het technisch mogelijk de lucht te ontvochtigen anders dan door middel van opwarmen, maar de technieken waarmee dat bereikt kan worden zijn vooralsnog duur. Het resultaat van de mest- of strooiseldroging wordt voor het grootste deel bepaald door de hoeveelheid vocht die de lucht kan opnemen. Wanneer het vochtopnemend vermogen laag is zijn grote hoeveelheden lucht nodig voor een goede droging.

Een onzekere factor is de hoeveelheid vocht die de lucht maximaal kan opnemen.

Dit wordt in de eerste plaats bepaald door de hoeveelheid vocht die uit de mest maximaal kan verdampen ofwel naar de lucht kan worden overgedragen. Deze hoeveelheid vocht is afhankelijk van de wateractiviteit van de mest. De wateractiviteit is gelijk aan de relatieve vochtigheid van lucht in evenwicht met de mest. Naarmate de mest verder indroogt zal het vocht steeds moeilijker uit de mest verdampen. Tegelijkertijd neemt de wateractiviteit (a_w) van de mest af. De lucht die over de mest gaat zal nooit een hogere RV kunnen bereiken dan de hoogte van a_w . Verse mest met een droge stofgehalte van 25 procent heeft een a_w van 94,5 procent. Tot een droge stofgehalte van 70 procent daalt de a_w geleidelijk van 94,5 procent naar 89,4 procent.

Op de tweede plaats zal de drooglucht voldoende tijd moeten krijgen om vocht op te nemen. Vaak is de tijd dat de lucht contact heeft met de mest te kort om tot 90 procent RV verzadigd te raken met vocht. Bij de berekening van de maximaal benodigde capaciteit van een drooginstallatie dient men hier rekening mee te houden.

Bereiken van de gewenste temperatuur en RV

De lucht die we over of door de mest of het strooisel sturen kan op verschillende manieren op de gewenste temperatuur worden gebracht. Via de temperatuur kan de gewenste RV en het vochtopnemend vermogen benaderd worden.

Technieken om gebruik te maken van de aanwezige warmte in de (af te voeren) stallucht zijn bijvoorbeeld het gebruik van een warmtewisselaar en/of van plastic slangen (polyethyleen) die bovenin de stal gehangen worden. De lucht die door de slangen stroomt wordt dan (nog verder) opgewarmd, door warmte-uitwisseling tussen de stallucht en de lucht in de slangen door de wand van de slang.

Met een luchtmengkast kan stal- en buitenlucht gemengd worden, waarmee de gewenste temperatuur verkregen wordt. Hierbij kan ook een regeling voor de gewenste RV toegepast worden. Bij deze techniek zal de stallucht voldoende stofvrij gemaakt moeten worden om vervuiling van de drooginstallatie tegen te gaan.

Met de genoemde technieken zijn we niet onder alle omstandigheden verzekerd van de voor een goede droging gewenste temperatuur. Door gebruik te maken van een extra verwarmingsbron (bijvoorbeeld een CV-installatie) kan de gewenste temperatuur vrijwel altijd worden verkregen. Wel zullen de energiekosten hoger worden.

Voorbeelden van relatief jonge technieken zijn warmte-kracht koppeling, waarbij zowel elektriciteit als warmte (van de generator) wordt verkregen en het gebruik van grondwarmte.

Gebruik maken van de warmte van de dieren

De aanwezige energie in de stallucht kan worden teruggewonnen voordat de lucht de stal verlaat met bijvoorbeeld een warmtewisselaar. Verder kan de warmte worden benut door een mengsel van stal- en buitenlucht of alleen stallucht te gebruiken. De warmte van de dieren en de voor ruimteverwarming gebruikte energie, kan op die manier hergebruikt worden voor de mest- of strooiseldroging.

In een specifieke situatie kunnen we op een andere manier gebruik maken van de warmte die door de dieren geproduceerd wordt. Deze situatie doet zich voor bij droogsystemen met kanalen met gaatjes.

Wanneer de lucht door de kanalen met gaatjes stroomt, zal ze opgewarmd worden door de warmte van de dieren. Stroomt de lucht uit de gaatjes dan zal ze zich mengen met de lucht die zich boven de mest bevindt en met lucht uit de kooien.

Wanneer de lucht aan het begin van de kanalen met gaatjes bv. een temperatuur heeft van 17 °C, loopt de temperatuur al na een vrij korte afstand op tot de staltemperatuur (bv. 24 °C). In het laatste deel van de kanalen bereikt de lucht in de kanalen met gaatjes dezelfde temperatuur als de lucht in de kooien, die enkele graden hoger is dan de staltemperatuur. Nadat de lucht die uit de gaatjes stroomt zich heeft gemengd met de lucht boven de mest is de temperatuur (in dit voorbeeld) 24-25°C. De temperatuur van de lucht die de mest droogt is dus hoger dan bij het begin van de droogkanalen. Doordat de lucht zich mengt met de lucht boven de mest, voordat ze de mest bereikt, zal echter de RV van het luchtmengsel hoger zijn, dan uit een berekening volgt van temperatuur en RV buiten en de temperatuur boven de mest.

Ook bij lagere temperaturen dan 17 °C bij het begin van het droogkanaal warmt de lucht nog flink op.

Bij lagere temperaturen lopen we het risico dat er condensvorming optreedt op de eerste meters van de kanalen met gaatjes. Hierdoor kan stof aankoeken op de gaatjes, waardoor deze verstopt kunnen gaan zitten. Door het verschil in druk van de lucht in de kanalen met gaatjes en daarbuiten daalt de temperatuur nog meer wanneer de lucht uit de gaatjes stroomt. Condensvorming treedt op als de temperatuur zover daalt dat de RV 100 procent wordt. De temperatuur waarbij dat gebeurt noemen we het dauwpunt. Door het toepassen van een dauwpuntsregeling zouden we het probleem van condensvorming voor kunnen blijven en toch veilig kunnen werken met een lage temperatuur bij het begin van de kanalen met gaatjes.

Gebruik maken van stallucht

De huidige droogsystemen maken gebruik van buitenlucht, stallucht of van mengsels van beide luchtsoorten. In tabel 2 is een voorbeeld gegeven van een drietal droogsystemen die toegepast worden bij leghennen op batterijen.

Een droogstelsel met een warmtewisselaar maakt volledig gebruik van buitenlucht. In het voorbeeld kan voor de gegeven omstandigheden de lucht die uiteindelijk over de mest gaat 8,4 g vocht/kg droge lucht opnemen.

Wordt bij een luchtmengkast het aandeel stallucht opgevoerd tot bijvoorbeeld 50 procent dan zal de lucht die over de mest gaat minder vocht op kunnen nemen (7,2 g vocht/kg droge lucht). Wanneer het aandeel stallucht 75 procent is, zal een hogere tem-

Tabel 2: voorbeeld van temperatuur en RV van de drooglucht voor gegeven omstandigheden voor een drietal droogsystemen (leghennen op batterijen).

	Droogstelsel			
	<i>Warmtewisselaar en kanalen met gaatjes</i>	<i>Luchtmengkast en kanalen met gaatjes</i>		<i>Waaierbeluchting</i>
<i>Aandeel buitenlucht (%)</i>	100	50	25	0
<i>Aandeel stallucht (%)</i>	0	50	75	100
<i>Temperatuur (°C) van de drooglucht bij verlaten opwarmunit</i>	17	17	20	nvt
<i>RV (%) idem</i>	45	70	65	nvt
<i>Temp. (°C) wanneer de lucht de mest bereikt*</i>	24	24	25	26
<i>RV (%) idem</i>	46	52	54	60
<i>Vochtopnemend vermogen (g vocht per kg droge lucht)**</i>	8,4	7,2	7,3	6,5

Omstandigheden: buiten 10 °C RV 80 %
 stal (gangpad) 24 °C RV 60 %

* = Doordat de lucht opwarmt in het droogkanaal en mengt met de onder de kooibodem aanwezige lucht loopt de temperatuur op en is de RV hoger dan de berekende RV uit temp. en RV van de buiten- en stallucht.

** = De maximale RV die de lucht kan bereiken is gesteld op 90 procent.

1 kg droge lucht = 0,83 m³ droge lucht (bij 21 °C en 1 bar).

peratuur bereikt worden als de lucht de lucht-mengkast verlaat. Echter de lucht in de kanalen met gaatjes wordt minder opgewarmd door het kleinere temperatuurverschil tussen de lucht in de kanalen met gaatjes en daarbuiten. Hierdoor zal het vocht-opnemend vermogen in dit voorbeeld nauwelijks veranderen.

Gaan we drogen met 100 procent stallucht zoals bij de waaierbeluchting gebeurt, dan zal het vocht-opnemend vermogen terug lopen tot 6,5 g vocht/kg droge lucht. Dit wordt

bevestigd door de resultaten van de proeven met mestdroging, waarbij waaierbeluchting een lager droge stofgehalte van de mest opleverde dan een warmtewisselaar (+ CV-installatie) en kanalen met gaatjes.

Temperatuur, RV en hoeveelheid lucht combineren

De capaciteit van een drooginstallatie wordt bepaald door de hoeveelheid lucht en de temperatuur en RV van die lucht. Met een voldoende grote vocht-opnamecapaciteit is altijd het gewenste droge stofgehalte te ver-

krijgen. Dit geldt mits de lucht goed in contact komt met de mest of het strooisel. Het vocht-opnemend vermogen van de lucht die over of door de mest of het strooisel gaat is vrij eenvoudig te berekenen en af te stemmen op de hoeveelheid vocht die afgevoerd moet worden.

Er zijn echter enkele zaken die de praktische uitvoering lastig maken. De omstandigheden buiten en in de stal veranderen voortdurend, waardoor de berekening ook voortdurend aangepast zal moeten worden om optimaal te kunnen drogen met minimale energiekosten. Dit kan alleen met een geavanceerde klimaatcomputer.

Een onzekere factor is in hoeverre de maximale vochtopnamecapaciteit van de lucht wordt benut. Dit is onder andere afhankelijk van de luchtsnelheid (luchthoeveelheid). Ook de mest of strooisellaag is aan veranderingen onderhevig. Bijvoorbeeld bij leg-hennen op batterijen komt niet alleen steeds

mest op de banden erbij, ook het patroon van de mest verandert (vorming van heuvel-tjes), waardoor niet alle lucht in contact komt met de mest. Mede hierdoor kan de theoretische droogcapaciteit niet volledig benut worden. Het verschil tussen het resultaat van de mogelijkheden die een drooginstallatie heeft om de droogcapaciteit af te stemmen op de omstandigheden en overblijvende onzekere factoren zal opgevangen moeten worden met een veiligheidsmarge in de droogcapaciteit. Naarmate die veiligheidsmarge groter wordt zal de hoeveelheid niet benutte energie(kosten) toenemen. Hierdoor wordt het lastiger om het gewenste droge stofgehalte te verkrijgen met tegelijkertijd een minimum aan energie(kosten). Onderzoek naar de vraag wat het droge stofgehalte van de mest van leghennen zal zijn onder (semi)praktijkomstandigheden bij verschillende temperaturen en luchthoeveelheden zal in de nabije toekomst plaatsvinden.

Samenvatting

Door te streven naar een optimale vochtopnamecapaciteit van de lucht die we over of door de mest of het strooisel sturen kan de gewenste droging worden bereikt met zo laag mogelijke energiekosten. Hierbij is een goed contact van de lucht met de mest of het strooisel noodzakelijk. Ten opzichte van het drogen met opgewarmde buitenlucht zal stallucht of een mengsel van stal- en buitenlucht vaak leiden tot een lagere vochtopnamecapaciteit van de lucht, waardoor de hoeveelheid lucht groter zal moeten zijn om hetzelfde droge stofgehalte van de mest te verkrijgen. □