



EEN OPTIMAAL STAL KLIMAAT



Inhoud

Een optimaal stalklimaat	3
Aan de slag met het stalklimaat	4
Tijd om je stalklimaat door te lichten	4
Aanwijzingen van een suboptimaal stalklimaat bij de varkens	4
Afwijkende parameters als indicatie van een suboptimaal stalklimaat	6
Specifieke stalkenmerken per ventilatiesysteem	9
De insteltemperatuur en de bandbreedte	11
Correct functionerende apparatuur	13
Een correcte ventilatie	15
De grootte van de inlaatopening	19
Veel voorkomende fouten, mogelijke oplossingen en bijkomende tips	23
Veel gemaakte fouten en hoe los je ze op?	23
Extra tips	25
Bijlage 1: CO₂-sensoren in varkensstallen	26
Meer info en referenties	33
Demonstratieproject: Monitoring en optimaliseren van het klimaat in varkensstallen	34



Een optimaal stalklimaat

Een optimaal stalklimaat op je bedrijf is erg belangrijk. Dit heeft immers een rechtstreekse invloed op de gezondheid van de dieren. Verschillende gezondheidsproblemen die met antibiotica en andere geneesmiddelen behandeld worden, zijn vaak (deels) te wijten aan een gebrekkige stalklimaatbeheersing. Hierdoor kunnen ademhalingsaandoeningen, oor- en staartbijtproblemen en meer hokbevuiling ontstaan, wat resulteert in verminderde technische prestaties en een verhoogde uitval. Een slecht geregeld stalklimaat gaat daarenboven ook dikwijls gepaard met hogere energiekosten.

Een slecht stalklimaat kan zich uiten in o.a. afwijkende staltemperatuur, afwijkende relatieve vochtigheid (RV), te hoge luchtsnelheid, te hoge concentraties aan CO₂ en andere stalgassen. Ook een te grote variatie in één of meerdere van bovenstaande parameters in tijd en plaats in de stal kan de oorzaak zijn van een slecht stalklimaat.

In deze brochure vind je adviezen waarmee je op een gemakkelijke wijze een eerste check kunt doen of het klimaat in je varkensstal optimaal is.



Aan de slag met het stalklimaat

TIJD OM JE STALKLIMAAT DOOR TE LICHTEN

Aanwijzingen van een suboptimaal stalklimaat bij varkens

Bepaalde gedragingen van de dieren, aanwezige klinische symptomen of letsels kunnen een aanwijzing zijn voor een afwijkend stalklimaat. Het kan gaan om afwijkend liggedrag, oor- en of staartbijten, oortopnecrose, hoest en/of niezen, diarree, onvoldoende prestaties van de dieren en verhoogd geneesmiddelengebruik.

Deze problemen variëren naargelang de afdeling:

Aanwijzingen in de kraamstal

Bij een te lage temperatuur in de kraamstal zullen de biggen opeen kruipen onder de lamp of dicht bij de uier van de zeug liggen. Dit leidt tot meer doodgelegde biggen door de zeug. Verder is

het risico op diarree ook hoger bij een lagere temperatuur. Doordat de biggen ook meer energie moeten verbruiken om zich warm te houden, zullen de groei en het speengewicht lager zijn. Een te hoge temperatuur in de kraamstal is vooral nadelig voor de zeug. De zeug zal minder eten en de melkgift zal verminderen.

Aanwijzingen in de biggenafdeling

Een frequent voorkomend probleem in de biggenafdeling is een te lage temperatuur kort na het spenen. De biggen kruipen dan meestal dicht opeen. Een te lage temperatuur kan ook leiden tot diarree, slechte groei, ongelijk worden van de biggen en meer uitval. Later in de biggenafdeling

..... De temperatuur in het biggennest moet hoog genoeg zijn zodat de biggen niet opeen kruipen of te dicht bij de uier van de zeug gaan liggen.



wordt weleens een onjuist ventilatiepatroon vastgesteld, zoals een te hoge luchtsnelheid in bepaalde hokken al dan niet in combinatie met een te lage temperatuur. Dit kan zich dan weer uiten in hoesten, niezen, oor- en of staartbijten en oortopnecrose.

Aanwijzingen in de vleesvarkensafdeling

De meest voorkomende problemen door een suboptimaal stalklimaat bij vleesvarkens (bv. tocht, putventilatie) zijn ademhalingsproblemen, onrust (agressie, staartbijten) en onvoldoende prestaties. Het geneesmiddelenverbruik en de uitval nemen hierdoor toe.

”

Getuigenis van een deelnemende varkenshouder

Ik ondervond dat het heel vaak te warm bleef in mijn vleesvarkensstal. Bovendien kon ik ten opzichte van gelijkaardige stallen met een gelijkaardig voeder onvoldoende groei realiseren. Ik betrapte mezelf erop dat ik te weinig durfde te ventileren, want ik had ondervonden dat ik de dieren dan ziek maakte. Ze gingen aan het hoesten en/of kregen APP, met als gevolg dat ik moest ingrijpen met antibiotica.

Daarom ging ik binnen het project aan de slag om mijn stalklimaat eens volledig door te lichten. Tijdens de rookproef bleek dat de lucht te snel in de hokken bij de varkens viel. Dat had ook te maken met de voederleiding die net onder de luchtinlaatopening bevestigd was. De lucht viel eerst op de buis, wat de verspreiding brak. Tegelijk waren de flappen van de oude ventielen niet lang genoeg om de lucht op een goede manier tot bij de varkens te brengen.

Ik heb ervoor gekozen om de luchtinvalstrook boven de middengang geheel dicht te maken en nieuwe klepventielen te installeren. Dit was ook de beste oplossing volgens de adviseurs. De luchtinlaat langs de kopgevel werd geautomatiseerd middels een drukmeting met twee filters. Die heeft als doel de onderdruk op 8 Pa te houden om zo de windinvloeden te beperken.

De groei van de eerste ronde in de aangepaste stal behaalde 774 gram, ten opzichte van gemiddeld 692 gram tijdens de vorige 5 rondes. Daarnaast heb ik geen antibiotica meer moeten gebruiken.

••• **Situatie voor de aanpassingen:** De voederlijnen bevonden zich onmiddellijk achter de luchtinlaat en de flappen van de ventielen waren niet lang genoeg

••• **Situatie na de aanpassingen:** De luchtinvalstrook boven de middengang werd gedicht en er werden nieuwe klepventielen geïnstalleerd.



Afwijkende parameters als indicatie van een suboptimaal stalklimaat

Het klimaat in de varkensstal wordt bepaald door een reeks factoren waaronder temperatuur, relatieve vochtigheid, luchtsnelheid en de aanwezigheid van CO₂ of andere stalgassen. De meeste factoren zijn eenvoudig te registreren en op te volgen door middel van dataloggers.

Temperatuur

Meestal wordt het stalklimaat geregeld op basis van de temperatuur. De optimale staltemperatuur komt echter niet altijd overeen met de gemeten temperatuur. Net zoals bij de mens is vooral de gevoelstemperatuur van belang voor de varkens. En die is afhankelijk van heel wat factoren, zoals andere klimaatparameters (luchtsnelheid, relatieve vochtigheid) en huisvesting (roosters, volle vloer, stro). Maar ook de groepsgrootte en de voederopname kunnen hierin een rol spelen.

Ventilatie heeft tot doel om de omgevings-temperatuur binnen de comfortzone van de dieren te houden. In deze zone is de temperatuur voor de varkens optimaal en moeten geen extra moeite doen om hun lichaamstemperatuur op peil te houden. Wanneer de temperatuur zich binnen deze comfortzone bevindt, zullen de

dieren geen gedragingen vertonen die als doel hebben hun lichaamstemperatuur te regelen, zoals rillen om extra warmte te produceren in geval van koude of hijgen om warmte kwijt te geraken in geval van warmte.

Hier kan je een overzicht van de optimale temperaturen voor de verschillende diercategorieën terugvinden.

De relatieve vochtigheid (RV)

Een tweede factor die bepalend is voor het stalklimaat, is de relatieve vochtigheid, of de mate waarin de lucht met waterdamp verzadigd is. Voor varkens mag deze waarde schommelen tussen 50% en 80%. Een te hoge relatieve vochtigheid komt in varkensstallen veel vaker voor dan een te lage relatieve vochtigheid.

Je kunt de relatieve vochtigheid meten met behulp van een hygrometer. Maar net als bij de temperatuur kun je door bepaalde observaties ook al een idee krijgen van eventuele afwijkingen:

- Is er condensvorming in de stal? Dan is de relatieve vochtigheid te hoog. Dit zorgt niet



alleen voor een hogere infectiedruk, maar is ook nadelig voor de stalinfrastructuur.

- Heb je zelf vaak last van droge ogen en een geïrriteerde keel als je in de stal bent en voelt het kouder dan je zou verwachten bij een bepaalde temperatuur? Dan is de stallucht te droog. Een te droge lucht zorgt voor te veel stofvorming in de stal en irritatie van de luchtwegen waardoor de dieren gevoeliger zijn voor infecties.

Zijn er indicaties dat de relatieve vochtigheid niet optimaal is? Ga dan op zoek naar de oorzaak. Te veel koude lucht die binnenkomt, een te kleine luchtinlaat of een te beperkte afvoer van de stallucht zijn enkele voorbeelden van zaken die effect kunnen hebben op de relatieve vochtigheid.

Luchtsnelheid

De luchtsnelheid heeft een belangrijke invloed op de gevoelstemperatuur van de dieren: hoe hoger de snelheid, hoe groter het afkoelend effect. Bij hogere temperaturen kan een hogere luchtsnelheid eventueel gewenst zijn om voor afkoeling te zorgen.

Je kunt de luchtsnelheid meten met behulp van een anemometer. Bij een normale temperatuur is

de norm voor de luchtsnelheid maximaal 0,15 m/s bij biggen en 0,20 m/s bij oudere dieren. Deze norm geldt echter enkel voor de luchtsnelheid ter hoogte van de varkens. Op andere plaatsen in de stal kan een hogere luchtsnelheid juist nodig zijn. Bij een directe luchtinlaat is het bijvoorbeeld van belang dat de lucht snel genoeg binnenkomt om een goed luchtpatroon te realiseren en te vermijden dat de koude lucht onmiddellijk op de dieren valt.

Een te hoge luchtsnelheid is niet altijd voelbaar en betekent niet noodzakelijk dat er tocht aanwezig is. Tocht is namelijk een combinatie van een lage temperatuur en een hoge luchtsnelheid. Bij twijfel is het bijgevolg aangewezen om de luchtsnelheid te meten.



Luchtsnelheidsmeter



CO₂ of koolstofdioxide

Bij normale concentraties is CO₂ een onschadelijk geur- en kleurloos gas dat van nature voorkomt in de lucht. Toch is het interessant om de CO₂-concentratie in je stal op te volgen, want dit is een goede indicator voor de mate van ventilatie. Door bijvoorbeeld het CO₂-gehalte (met behulp van een CO₂-meter) te meten aan de in- en de uitlaatopening kan een mogelijke kortsluiting tussen beide opgespoord worden.

- Is de CO₂-concentratie hoger dan 3000 ppm? Dan weet je dat er te weinig geventileerd wordt.
- Is de CO₂-concentratie lager dan 2000 ppm? Dit betekent dat er onnodig veel geventileerd wordt.



Getuigenis van een deelnemende varkenshouder

Mijn deelname aan het project deed mij beseffen hoe belangrijk een optimaal stalklimaat en een goede opvolging ervan zijn. Ik heb dan ook zelf een systeem aangekocht om de klimaatparameters in mijn stal te meten en te kunnen blijven opvolgen met als doel een continue verbetering te realiseren. Metingen van de CO₂ hebben mij doen inzien dat vooral in de winterperiode het CO₂-gehalte in mijn stal soms serieus blijkt te schommelen. Ik overweeg dan ook om CO₂-loggers mee aan te sluiten op mijn ventilatiesysteem om de ventilatie nog beter te regelen.

Door het CO₂-gehalte te meten aan de in- en de uitlaatopening en tussen de dieren kan je nagaan of de lucht homogeen verdeeld wordt en kan een mogelijke kortsluiting tussen in- en uitlaat opgespoord worden.

Bereken hiervoor de ventilatie-effectiviteit of VE met volgende formule:

$(\text{concentratie uit} - \text{concentratie in}) / (\text{concentratie dier} - \text{concentratie in})$.

De waarde die je bekomt interpreteer je vervolgens als volgt:

- VE<1: kortsluiting, de inkomende lucht wordt rechtstreeks afgevoerd.
- VE=1: ideale situatie, er is een homogene verdeling van de lucht.
- VE>1: effectieve ventilatie, de CO₂ in de uitgaande lucht is hoger dan deze op dierniveau.

Het CO₂-gehalte meet je met behulp van CO₂-sensoren. Alles wat je moet weten over CO₂-sensoren in varkensstallen - bv. hoe ze werken, waar je op moet letten bij de aanschaf en hoe je ze het best gebruikt - kan je terugvinden in [bijlage 1](#) van deze brochure.



SPECIFIEKE STALKENMERKEN PER VENTILATIESYSTEEM

Elk ventilatiesysteem vereist bepaalde kenmerken van de stal. Tabel 1 vat de specifieke aandachtspunten voor de meest voorkomende ventilatiesystemen samen.

Tabel 1: Kenmerken van de stal voor ieder ventilatiesysteem (Bron: <https://www.varkensloket.be/tools/klimaatevaluatie>)

	Ventilatiesysteem				
	Deur	Plafond	Kanaal	Combi	Ventiel
Dichte delen	Voorste hokafscheiding en controlegang	1/3 van het plafondoppervlak (rond ventilator en tegen de muurzijden boven de hokken)	Voorste hokafscheidingen tot 60 cm	Inlaat te reduceren tot 1/3	nvt
Afmetingen	Gangbreedte 1 cm/dier (min. 0,80 cm)	Plafondhoogte min. 2,7 m	nvt	Plafondhoogte min. 2,7m	nvt
Locatie voeler	Halverwege afdeling 30-60 cm achter de voorste hokafscheiding of Boven de controlegang, 40 cm boven de hokafscheiding	Halverwege de afdeling op 40 cm van het plafond en boven de voorste hokafscheiding	Halverwege de afdeling boven de controlegang, 30 cm boven de hokafscheiding	Halverwege de afdeling op 30 cm boven en van de voorste hokafscheiding	Halverwege de afdeling op 20-30 cm van voorfront en buiten bereik van de dieren (1,3-1,5 m hoog)
Locatie ventilator	Zo hoog mogelijk op 1/3 van de afdelingsdiepte	Zo hoog mogelijk	Zo hoog mogelijk op 1/3 van de afdelingsdiepte	Zo hoog mogelijk in het midden	Zo hoog mogelijk zo ver mogelijk van de inlaatventielen
Andere	Geen hindernissen in gang, hokafscheidingen dicht t.h.v. gang; risico op tocht t.h.v. laatste hokken; putventilatie t.h.v. voorste hokken	Leklucht vermijden, plafond strikt horizontaal, gelijk doorlaatbaar; best geen lege hokken in stal	Luchtinlaat grondkanaal ventilatie altijd minimaal 1,5 meter boven "maaiveld"; windinvloeden beperken	Lucht moet t.h.v. inlaat voldoende naar beneden vallen (laminaire flow) in gang	Risico op tocht t.h.v. hokken nabij ventielen; putventilatie t.h.v. hokken verder van ventielen

••• Het is belangrijk dat de infrastructuur aangepast is aan het type ventilatie

• De breedte van de gang moet bij deurventilatie 1 cm per dier bedragen.

In een compartiment van 100 dieren moet de gang dus 1 m breed zijn.



VOOR

NA



Getuigenis van een deelnemende varkenshouder

In mijn biggenafdeling werd gewerkt met een ventilatiesysteem waarbij de deur dienst deed als inlaat en de uitlaat zich in de buitenmuur aan de overzijde bevond. De wind waaide echter vaak rechtstreeks op deze buitenmuur waardoor de lucht naar binnen werd geblazen via mijn ventilatoren met een slecht stalklimaat en verhoogde uitval bij mijn biggen tot gevolg. Ik paste mijn ventilatiesysteem aan door de buitenmuur dicht te maken en de uitlaat te voorzien in het plafond, met centrale afzuiging. Deze aanpassingen hielpen, samen met nog enkele andere aspecten die ik wijzigde, om de gezondheid bij mijn biggen te verbeteren en het sterftepercentage te doen dalen. Toch kan het nog beter. De opening van de deur is namelijk 20 cm hoger dan de hokafscheidingen. Binnen het project werd mij geadviseerd om een paneel te plaatsen op de hokafscheiding zodat de deuropening hier niet bovenuit komt. Dit zou het ventilatiepatroon in mijn biggenafdelingen verder kunnen verbeteren.

Voor: De uitlaat bevond zich in de muur.

Na: Na het dichtmaken van de buitenmuur werd de uitlaat in het plafond geplaatst



DE INSTELTEMPERATUUR EN DE BANDBREEDTE

Tabel 2 geeft richtlijnen weer voor de insteltemperatuur en de bandbreedte voor de verschillende leeftijdsgroepen. Het is mogelijk dat omwille van circuleren van bepaalde dierziekten of andere specifieke bedrijfsomstandigheden andere instellingen noodzakelijk zijn.

Het is essentieel om na te gaan of de sensoren de juiste temperatuur aangeven en ook op de juiste plaats in de stal hangen. Idealiter moeten de sensoren het microklimaat van de dieren weergeven. Gezien dit praktisch niet mogelijk is, worden ze meestal boven de hokken of hokafscheidingen gehangen net buiten het bereik van de dieren.

Tabel 2:

Richtlijnen voor insteltemperatuur en bandbreedte

(Bron: Klimaatplatform varken- en pluimveehouderij met input van klimaatadviseurs uit de stuurgroep van dit project)

Diercategorie	Insteltemperatuur °C	Bandbreedte °C*
Guste zeugen	20	5 à 6
Drachtige zeugen	20	5 à 6
Kraamzeugen voor werpen	20	5 à 6
Kraamzeugen tijdens werpen	23	5 à 6
Kraamzeugen 1 week na de worp	20**	5 à 6
Kraamzeugen einde kraamperiode	20**	5 à 6
Gespeende biggen bij opzet	28***	5 à 6
Gespeende biggen d21	25	5 à 6
Gespeende biggen d42	22	5 à 6
Vleesvarkens bij opzet	25	5 à 6
Vleesvarkens d5	22	5 à 6
Vleesvarkens d50	20	5 à 6
Vleesvarkens d100	20	5 à 6

* Bij conditionering van de binnenkomende lucht kan een bandbreedte van 2-4 graden aangehouden worden afhankelijk van de dagelijkse variatie in temperatuur van de binnenkomende lucht.

** Indien het biggenest overkapt is, kan de insteltemperatuur, afhankelijk van de uitvoering van het overkapt biggenest (kans op tocht in het biggenest), 2 °C lager ingesteld worden.

*** Bij een geïsoleerde dichte ligvloer met vloerverwarming kan de insteltemperatuur 2 °C lager ingesteld worden.



TIP VAN DE ADVISEUR

Maarten van Horen, dierenarts, productmanager varkens bij ForFarmers België

De ventilatie wordt meestal alleen op temperatuur geregeld. Daarom is het instellen van de vraagtemperatuur heel belangrijk. De vraagtemperatuur zou in feite de ideale temperatuur voor de dieren moeten zijn. Voor pas gespeende biggen is dit bijvoorbeeld 27 à 29 °C (afhankelijk van het speengewicht). Als de temperatuur lager is dan de ingestelde vraagtemperatuur, moet het ventilatiesysteem op minimum draaien om zo weinig mogelijk warmte af te voeren. Als de staltemperatuur hoger is dan de vraagtemperatuur, mag er meer geventileerd worden, om de warme lucht af te voeren.

Bij zware vleesvarkens is de ideale staltemperatuur 19 à 20 °C. Toch moet de vraagtemperatuur hoger ingesteld worden. Door de warmteproductie van de dieren zal de staltemperatuur altijd boven de 19 °C zijn. Met een vraagtemperatuur van 19 °C zal er dus te veel geventileerd worden. Dit betekent een hoger risico op problemen zoals luchtwegaandoeningen of agressiviteit. De keuze voor de correcte vraagtemperatuur is dus een compromis tussen de ideale temperatuur voor de dieren en de meest veilige manier van ventileren.

De bandbreedte wordt uitgedrukt in °C en is het verschil tussen de vraagtemperatuur en de temperatuur waarboven de ventilatie op maximum draait. Als algemeen advies geldt dat de bandbreedte op 5 à 6 °C ingesteld moet worden. Als de bandbreedte te kort is (3 - 4 °C) zal de ventilatie te snel reageren op een kleine temperatuurstijging. Op veel klimaatregelaars kan de bandbreedte automatisch aangepast worden, bijvoorbeeld op basis van de buitentemperatuur.



CORRECT FUNCTIONERENDE APPARATUUR

Ventilatie is gebaseerd op allerlei metingen. De ventilatie kan dus alleen maar optimaal verlopen, als alle sensoren en apparatuur ook optimaal meten en werken. Ga dus eerst na, met correct afgestelde en geschikte meetapparatuur, of de sensoren die aangesloten zijn op je ventilatiesysteem nog steeds de juiste waarden meten. Meet bijvoorbeeld de temperatuur ter hoogte van de temperatuursensor, de luchtsnelheid ter hoogte van de luchtsnelheidsmeter en de onderdruk ter hoogte van de onderdrukmeter. Vergelijk de bekomen waarden met de waarden in de klimaatcomputer.

Zijn er afwijkingen? Ga dan volgende zaken na:

- Is de apparatuur vrij van stof en vuil? Alle apparatuur zo proper mogelijk houden is essentieel voor een goede werking.
- Is alles correct aangesloten? Het zou immers de eerste keer niet zijn dat bepaalde sensoren niet (meer) correct aangesloten zijn, waardoor de metingen niet (meer) correct gebeuren.
- Zijn er onderdelen aan vervanging toe? Sommige onderdelen vervang je best standaard na een bepaalde periode. Vervang bijvoorbeeld alle assen van de meetwaaiers om de 5 à 10 jaar en wacht niet tot er problemen opduiken.



TIP VAN DE ADVISEUR

Nathalie Van Hulle van Air Support

Voer jaarlijks een klimaatcheck uit om fouten op te sporen en sneller in te kunnen grijpen. Analyseer de grafieken van de klimaatsensoren met een connect-systeem voor ondersteuning op afstand.

Zorg dat de temperatuursensoren op de juiste plaats hangen en blijven hangen. Vergeet de sensor bijvoorbeeld niet terug te plaatsen wanneer je hem bij het reinigen van de stal over de waterleiding of voederleiding hebt gehangen.

Het is essentieel om na te gaan of de sensoren de juiste temperatuur aangeven door te vergelijken met een correct werkende sensor.



Getuigenis van een deelnemende varkenshouder

Ik nam deel aan het demoproject omdat ik op mijn bedrijf al geruime tijd sukkelde met uitbraken van APP en een te hoog antibioticumgebruik, specifiek in mijn voormeststal. In deze stal zitten steeds twee leeftijdsgroepen, en APP duikt vooral op bij de jongste groep, kort na verhoeken. De ventilatie in de voormestafdeling wordt gestuurd op basis van de temperatuur. In onze stal hangen twee temperatuurloggers ter hoogte van de varkens. Eén van de eerste elementen die bovenkwam bij nazicht van de stal, was dat slechts één van de twee temperatuurloggers ook effectief aangesloten was op het systeem. Bijgevolg hield de ventilator geen rekening met het stalgemiddelde van beide loggers, maar slechts met één logger. Omdat er steeds twee leeftijdsgroepen in de stal zaten, betekende dit dat ter hoogte van de logger soms de zwaarste dieren zaten; soms waren de hokjes daar net leeg. Uiteraard hebben we dit snel aangepast zodat de klimaatcomputer nu weer rekening houdt met een correct stalgemiddelde.

Getuigenis van een deelnemende varkenshouder

Tijdens mijn deelname aan het project kwam ook een klimaatspecialist langs op mijn bedrijf. Die ontdekte dat de luchtsnelheidsmeters in de compartimenten niet meer correct maten. Dat bleek de hoofdoorzaak van mijn klimaatprobleem. Ik kreeg de raad om over te schakelen naar druksensoren die ik ondertussen ook besteld heb bij mijn installateur. Wij hebben op ons bedrijf niet meteen gemerkt dat de sensoren het probleem waren: die gaven nog steeds de luchtsnelheid aan en wij gingen ervan uit dat die gegevens klopten. Het ventilatiesysteem werkte ook nog goed, dus we stonden er niet bij stil dat de afwijking tussen de effectieve luchtsnelheid en de gemeten luchtsnelheid al zo groot kon zijn.



EEN CORRECTE VENTILATIE

Voor elke categorie van varkens is een bepaalde minimumventilatie nodig om voldoende verse lucht te voorzien. Dit is nodig vanaf de eerste dag dat de biggen of vleesvarkens in de stal komen. Daarnaast is het belangrijk dat de capaciteit van de ventilatoren afgestemd is op de maximale ventilatie die nodig is, zodat de varkens ook op

hele warme dagen voldoende verse lucht krijgen en zodat er geen tocht ontstaat. Richtlijnen hiervoor verschillen per diercategorie en worden weergegeven in tabel 3. Het is mogelijk dat omwille van specifieke bedrijfsomstandigheden andere instellingen noodzakelijk zijn.

Tabel 3: Richtlijnen voor minimum- en maximumventilatie per varken per diercategorie

(Bron: Klimaatplatform varken- en pluimveehouderij)

Diercategorie	Minimumventilatie per varken (m ³ /h)	Maximumventilatie per varken (m ³ /h)
Guste zeugen	18	150
Drachtige zeugen	25	150
Kraamzeugen voor werpen	25	250
Kraamzeugen tijdens werpen	25	250
Kraamzeugen 1 week na de worp	35	250
Kraamzeugen einde kraamperiode	60	250
Gespeende biggen bij opzet	3	12
Gespeende biggen d21	6	18
Gespeende biggen d42	8	25
Vleesvarkens bij opzet	6	40
Vleesvarkens d5	8	40
Vleesvarkens d50	14	80
Vleesvarkens d100	17	80

Het is belangrijk dat de capaciteit van de ventilatoren afgestemd is op de maximale ventilatie die nodig is.



In een eerste stap bekijk je hoeveel dieren er aanwezig zijn in de afdeling, en van welke gewichtsklasse deze zijn. Het aantal dieren vermenigvuldig je dan met de minimum- en de maximumnorm voor ventilatie voor deze gewichtsklasse. Zo kan je de vereiste minimum- en maximumventilatie (uitgedrukt in m³/h) bepalen.

Een voorbeeld voor een compartiment van 120 vleesvarkens op dag 50:

Vereiste minimumventilatie:

$$120 \text{ vleesvarkens} \times 14 \text{ m}^3/\text{h} = 1680 \text{ m}^3/\text{h}$$

Vereiste maximumventilatie:

$$120 \text{ vleesvarkens} \times 80 \text{ m}^3/\text{h} = 9600 \text{ m}^3/\text{h}$$

Deze laatste waarde (9600 m³/h) bepaalt de capaciteit die de ventilator moet hebben om deze maximumventilatie te kunnen bereiken.

Voor de maximumventilatie geldt dat de capaciteit van de ventilator groter of minstens gelijk moet zijn aan de vereiste maximumventilatie. Je kiest er best voor om een iets hogere capaciteit van ventilator te installeren. Het rendement van de ventilator ligt dan hoger wat resulteert in een lager energieverbruik. De exacte waarden voor een ventilator vind je vaak terug op de ventilator zelf, in de handleiding of kan je opvragen bij de fabrikant.

In tabel 4 vind je alvast enkele richtlijnen. Let wel, bij centrale afzuiging is het de capaciteit van de afzuigunit die berekend moet worden.

Tabel 4: Richtwaarden voor de capaciteit van de ventilator op basis van de grootte van de ventilator

(Bron: Brochure 'Ventilatie en klimaatbeheersing bij varkensstallen', Vlaamse overheid)

Diameter	Maximale capaciteit (m ³ /h)
30	2.000
35	3.000
40	4.500
45	6.000
50	8.000
56	9.500
63	11.000

De diameter van de ventilator geeft een indicatie over zijn maximale capaciteit.



CENTRALE AFZUIGING

TIP VAN DE ADVISEUR

Michel Loicq van noHow

Een centrale afzuiging (of afvoer in geval van een overdrukfiltratie) centraliseert de vuile lucht uit alle compartimenten in de stal. De bedoeling is de lucht af te voeren uit de compartimenten en naar één punt te brengen om daar te behandelen. We noemen dit een end-of-pipe behandeling. Dit doen we omdat we wel toelaten dat ammoniak gevormd wordt in de stal maar dat we dit gas er zo veel als mogelijk uithalen, net voor de stallucht naar buiten wordt geblazen. In de eerste plaats wordt in België de lucht gezuiverd van ammoniak. Meer en meer wordt de lucht ook zoveel als mogelijk van stof en geur gezuiverd dankzij centraliseren van de afzuiging.

Een centrale afzuiging kan alle vormen aannemen en kan op verschillende plaatsen worden voorzien, afhankelijk van de situatie, het gekozen ventilatiesysteem en de beoogde behandeling van de stallucht. Zo zien we centrale afzuiging in de nok, langs de zijgevel en zelf onder de grond. Zolang aan een bepaald aantal minimale eisen is voldaan, speelt de plaatsing op zich geen erg grote rol.

De afzuigunits moeten groot genoeg zijn om de maximale ventilatie te behalen in het compartiment.



Om een goeie werking te verzekeren dient aan een aantal voorwaarden te worden voldaan.

Het centrale kanaal dient in de eerste plaats luchtdicht te zijn en door middel van afzuigunits aangesloten te worden op elk te ventileren compartiment.

Dit kanaal moet ook voldoende groot zijn. De luchtsnelheid ter hoogte van het breedste deel – dit is aan de uitstootzijde van het kanaal – mag in geen geval meer dan 3m/s bedragen. Wil je nog veiliger spelen en energie besparen, maak het kanaal dan groter zodat de luchtsnelheid lager wordt dan 3 m/s.

Het centrale kanaal wordt best zo goed mogelijk geïsoleerd om condens aan de wanden zo veel mogelijk te voorkomen. Het kan ook gebruikt worden om een warmtewisselaar te plaatsen, zodat er een warme lucht-lucht of warme lucht-water warmte-uitwisseling kan plaatsvinden

die al dan niet ondersteund wordt door een warmtepomp.

De afzuigunits moeten groot genoeg zijn zodat de maximale ventilatie die noodzakelijk is in de specifieke compartimenten behaald kan worden. De maximale snelheid in deze unit mag nooit boven de 7 m/s uitstijgen. Dit wordt enerzijds gedaan om al te veel invloed op de uitgaande lucht te vermijden, en dus turbulentie in het centrale kanaal, maar anderzijds ook om het drukverval te beperken. Bij overdruk gaan we de maximale snelheid ter hoogte van de afzuigunits zelfs nog halveren naar 3,5 m/s. Dit om het drukverval nog meer te beperken en te voorkomen dat we de stal op een te hoge overdruk moeten plaatsen om alsnog de vuile lucht buiten de duwen.

Een voorbeeld: de afzuigunit voor een compartiment van 200 vleesvarkens, geventileerd aan maximaal 80 m³/h moet maximaal 16.000 m³/h

kunnen afzuigen. De oppervlakte die je nodig hebt van deze unit is dan 0,635m². Dit kan je behalen met een afzuigunit van 92 cm diameter.

Om de oppervlakte te berekenen, delen we het aantal m³ door het aantal seconden per uur (3600) en de gewenste maximale luchtsnelheid (hier 7m/s).

$$\begin{aligned} & \text{m}^2 \\ & = \text{Aantal dieren} \times 'x' \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s/h} / 'y' \text{ m/s} \\ & = 200 \text{ varkens} \times 80 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s/h} / 7 \text{ m/s} \\ & = 0,635 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

De ventilatoren aan het einde van het centrale kanaal, of de turbines/hogedrukventilatoren in geval van overdruk, dienen voldoende capaciteit te hebben om alle dieren in de volledige stal te ventileren met een op voorhand uit te rekenen tegendruk om de afstand van inlaat tot uitlaat, inclusief de eventuele luchtwasser of het biobed te overbruggen.



DE GROOTTE VAN DE INLAATOPENING

Om voldoende verse lucht op een correcte manier tot bij de varkens te krijgen, moeten de inlaatopeningen de juiste afmetingen hebben. De luchtinlaat moet immers zorgen voor een goede luchtverdeling en een aangepaste lichtsnelheid. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een directe luchtinlaat (de lucht komt dan direct

bij de dieren) en een indirecte luchtinlaat. Dit laatste heeft de voorkeur, aangezien de lucht via een tussenruimte bij de dieren komt en eerst opgewarmd kan worden. Daarnaast wordt ook de invloed van de wind weggewerkt. Een directe luchtinlaat kan eventueel afgeschermd worden met een windbreeknet of een windkap.





TIP VAN DE ADVISEUR

Frans Lemans van Klima+

65% van de ventilatieproblemen heeft te maken met windinvloed, 30% met luchtverdeling en slechts 5% met instellingen. Het is niet zo dat de instellingen helemaal niet van belang zijn, maar eerst moeten windinvloeden worden beperkt. Je wil namelijk niet dat de wind de ventilatie stuurt, maar wel de ventilatoren. Een winddrukcap of windbreekkap ter hoogte van de inlaat is dus geen overbodige investering.

Ter illustratie: wind met een snelheid van 10 m/s komt overeen met een druk van ca 70 Pa, terwijl je bij de inlaat een onderdruk van 5-10 Pa nastreeft. Windsnelheden van meer dan 5 m/s zijn zeker niet uitzonderlijk. Een hevige windstoot is dus al nefast voor de klimaatregeling. Naast windinvloed op de inlaat moet ook windinvloed op de uitlaat worden vermeden.

Windbreekkappen zijn voorzieningen die ervoor zorgen dat de invloed van de wind op de inlaat en dus op het ventilatiepatroon beperkt blijft. Ik hanteer als norm voor de inlaatopening 1,25 cm² per m³ te ventileren lucht. Voor een optimale luchtverdeling wordt een tussenschot om de 1,5 m aangeraden. In functie van visuele controle kan de winddrukcap eventueel voor een klein deel uit plexiglas bestaan. Ook begroeiing kan functioneren als windscherm, maar is pas na verloop van tijd voldoende ontwikkeld. Kies dus steeds voor een onmiddellijke oplossing. Winddrukkappen zijn aan te raden voor elk type inlaatopening.



De juiste afmetingen van de inlaatopening hangen af van het maximale aantal m³ lucht dat je wil ventileren. Als algemene norm geldt dat je 1,5 à 2 cm² per m³/h maximale ventilatie moet voorzien. De inlaatopening moet altijd aan de buitenkant regelbaar zijn, en is best aan oostelijke, noordelijke of noordoostelijke zijde gelegen om invloeden van de wind zoveel mogelijk te vermijden. In de winter, wanneer er minder geventileerd moet worden, dan kan de inlaatopening (deels) dichtgelegd worden. Er moet echter gezorgd worden dat ook bij minimale ventilatie een inlaatopening voorzien wordt van 1,5 à 2 cm² per m³/h. Wanneer de openingen te klein zijn, kan de ventilator te weinig

lucht binnentrekken. Bovendien riskeer je dat de lucht te snel binnenkomt, waardoor tocht kan ontstaan.

De normen hangen daarnaast ook af van het ventilatiesysteem (zie tabel 5).



Met behulp van een rookpoef kan je controleren of de inkomende lucht een correct patroon vertoont.



Tabel 5: Richtlijnen afmetingen inlaatopening

(Bron: <https://www.varkensloket.be/tools/klimaatevaluatie>)

	Ventilatiesysteem				
	Deur	Plafond	Kanaal	Combi	Ventiel
Inlaat van buiten naar centrale gang (cm²/m³ lucht)	1,5-2	1,5-2	1,5-2	1,5-2	nvt
Inlaat van centrale gang naar tussenruimte (cm²/m³ lucht)	nvt	min. 2	min. 1,5	min. 2	nvt
Inlaat naar afdeling (cm²/m³ lucht)	3	0,8	1,5	2	1 (opening ventielen)

Als je de luchtinlaat bedekt met matten om de windinvloed te beperken, wordt de inlaatopening te klein (foto boven). Je maakt beter gebruik van een windbreekkap (foto onder).

Getuigenis van een deelnemende varkenshouder



De vleesvarkens op mijn bedrijf zijn gehuisvest in het oude stalgedeelte. Aanpalend werden in de loop van de jaren nieuwe afdelingen bijgebouwd, alsook nieuwe biggenafdelingen. Het was vooral in het oude stalgedeelte dat we problemen waarnamen bij de vleesvarkens. We hadden al langer het idee dat het klimaat in de stallen misschien aan de basis lag van de ademhalingsproblemen. Dit zette ons aan om deel te nemen aan het demonstratieproject.

Het gaat om oude stallen, die we enkele jaren geleden gecompartmenteerd hebben. Nu zijn er 4 compartimenten van telkens 112 vleesvarkens. De lucht komt binnen via een inlaatopening aan de buitendeur van de stallen en zo via een luchtkanaal tot bij de varkens. Elke avond moest mijn vrouw deze opening met zware matten dichtleggen om geen koude lucht in de stal binnen te trekken. Een tweede inlaatopening was er binnen in de centrale gang aan de andere kant van de stal.

Uit de metingen die werden uitgevoerd binnen het project bleek dat het CO₂-gehalte sterk schommelde naargelang de inlaatopening open of dicht was. Dit zorgde voor een onstabiel



stalklimaat. Samen met een klimaatexpert zochten we naar een praktische, duurzame oplossing. De expert stelde vast dat, wanneer de matten op de inlaatopening gelegd werden, de luchtinlaatopening te klein was voor het aantal varkens aanwezig in de stal. Dit leidde tot een te grote luchtsnelheid van de inkomende lucht, waardoor die de eerste compartimenten "voorbijschoot". Hierdoor werd daar te weinig geventileerd met te hoge CO₂-gehalten tot gevolg. Dit kan dan weer leiden tot ademhalingsproblemen.

Een eerste suggestie was om grote verbouwingen aan de stal te doen: een stuk volle vloer uitbreken

en vervangen door rooster. Op die manier zou een grotere luchtinlaat gecreëerd worden met minder tocht tot gevolg. Dit was voor ons echter niet haalbaar. Een tweede voorstel was realistischer. De expert stelde voor om een windbreekbak te maken om boven de luchtinlaat aan de buitenkant te plaatsen. Die moest op wielen staan zodat we hem makkelijk zouden kunnen verplaatsen als dat nodig was. Dankzij een praktische tekening kon ik de bak zelf maken, met weinig kosten.

Na het plaatsen van de windbreekbak voerden we dezelfde metingen opnieuw uit. Uit de resultaten bleek dat het CO₂-gehalte stabiel bleef. "Het voelt ook aangenamer aan in de stal".



Veel voorkomende fouten, mogelijke oplossingen en bijkomende tips

Een suboptimaal stalklimaat kan te wijten zijn aan een aantal factoren, zoals we hiervoor al hebben aangehaald. Hieronder vind je een overzicht van vaak voorkomende fouten, met telkens het advies van een klimaatadviseur om het probleem op te lossen, plus een reeks extra tips.

VEEL GEMAAKTE FOUTEN, EN HOE LOS JE ZE OP?



Er zijn windinvloeden.



Probeer de luchtinlaat regelbaar te maken en voorzie indien nodig windbreking.



De luchtinlaat is te groot waardoor er te weinig onderdruk en te veel windinvloed is.



Beperk de luchtinlaat en pas ze aan de ventilatiebehoefte van de dieren aan.



De luchtinlaat is te klein, waardoor er een te hoge luchtsnelheid, tocht en slechte luchtverdeling kan ontstaan.



Vergroot de inlaat en pas deze aan de ventilatiebehoefte van de dieren aan.



Er kan te weinig onderdruk worden opgebouwd door de aanwezigheid van 'valse' lucht of leklucht die binnenkomt via kieren, spleten.



Maak de stal zo luchtdicht mogelijk.



De vraagtemperatuur is te laag en er is een te groot verschil in laagste staltemperatuur (over 24 uur) en ingestelde vraagtemperatuur waardoor er overventilatie ontstaat.



Verhoog de vraagtemperatuur.



De bandbreedte is te kort waardoor de ventilatie te veel verhoogt bij een kleine temperatuurstijging.



Verleng de bandbreedte.



De minimumventilatie is te hoog ingesteld met te veel warmteverlies tot gevolg.



Verlaag de minimumventilatie.



De minimumventilatie is te laag ingesteld. Dit leidt tot onvoldoende luchtverversing wanneer het systeem op minimum draait, waardoor het te vochtig wordt en de CO₂-concentratie stijgt.



Stel de minimumventilatie hoger in.



De temperatuurvoeler hangt op een verkeerde plaats waardoor de voeler niet reageert of te laat reageert op temperatuurschommelingen in de afdeling.



Positioneer de temperatuurvoelers correct. Zorg bijvoorbeeld dat de temperatuur niet beïnvloed wordt door opstijgende warmte van de dieren en niet in de binnenkomende luchtstroom hangt.



Er komt tocht bij de dieren door kieren en spleten.



Maak kieren en spleten in bijvoorbeeld hokafscheidingen dicht.



Vermijd tocht op de dieren door het dichtmaken van spleten en kieren.



EXTRA TIPS

- **Maak gebruik van ondersteuning op afstand** via de bestaande connect-systemen van de leverancier van de klimaatcomputer, apps, datalogging met realtime info enz. Connecteer de klimaatcomputers met het internet. Zo spoor je gemakkelijker fouten op en kan je sneller ingrijpen.
- **Zorg voor onderdruk.** Ventileren is onderdruk maken. Is er geen onderdruk, dan is het de wind die de lucht verdeelt, en niet de ventilatoren.
- **Conditioneer de inkomende lucht.** Dit vergt misschien bijkomende investeringen, maar verbetert de performantie van het ventilatiesysteem in grote mate. Zo kan de lucht in de winter 6 °C warmer en in de zomer 4 tot 6 °C koeler binnenkomen, en blijft het stalklimaat stabiel. Conditionering via slangen in het grondwater is een ideaal systeem voor de kraam- en dekstal.
- **Werk je met een meetwaaier**, vraag dan aan de installateur om de 100%-instelling correct in te stellen. Alleen dan kan je weten hoeveel lucht er precies uit de stal wordt gezogen en kan je de ventilatiecurve juist instellen.
- **Let op met correcties in de klimaatcomputer.**
- **Laat je adviseren door een klimaatadviseur** als je specifieke problemen hebt met de instellingen van de klimaatcomputer of infrastructuur.



Bijlage CO₂-sensoren in varkensstallen

Traditioneel wordt de ventilatievraag in varkensstallen gestuurd op de gewenste temperatuur gekoppeld aan de leeftijd of het gewicht van de dieren. Bijkomend worden een minimum- en maximumventilatie ingesteld. Zo wordt enerzijds gegarandeerd dat er ook bij lage temperaturen nog steeds voldoende luchtverversing is en dat er bij te hoge temperaturen geen tocht ontstaat. Bij te lage temperaturen wordt er eventueel nog extra verwarmd. Een temperatuursensor in combinatie met een groeicurve zijn hiervoor dus voldoende. Om feedback te krijgen van de ventilator zelf worden soms meetwaaiers, luchtsnelheidssensoren of onderdruksensoren gebruikt. Andere klimaatparameters zoals fijn stof, ammoniak, H₂S en CO₂ krijgen ondertussen steeds meer aandacht. Dit is niet alleen omwille van hun invloed op het welzijn van het dier (en de veehouder) maar ook omwille van de mogelijke impact op milieu en klimaat. Elk van deze parameters zal in de stal van de

toekomst een belangrijke rol gaan spelen en de sensorproducenten springen stilaan mee op deze trein. Het blijft echter een grote uitdaging om een betaalbare en accurate sensor te ontwikkelen die voldoende lang meegaat in een stalomgeving.

De CO₂-sensor is op dit vlak reeds het verst gevorderd, dit mede door zijn brede inzetbaarheid in zowel de industrie als de civiele bouw (HVAC-sturing). Enkele fabrikanten van klimaatcomputers spelen hier dan ook al geruime tijd op in door sturingen te voorzien waarin CO₂ als regelparameter wordt opgenomen. Het meten van CO₂-gehalten kan toelaten om de minimumventilatie fijner af te stellen op de behoefte van de dieren. Rustige dieren produceren minder CO₂ waardoor de ventilatie verder kan dalen en omgekeerd. De ventilatievraag kan zo mee evolueren met het activiteitsniveau waardoor energiekosten kunnen verminderen.



Een CO₂-sensor kan echter dienen voor meer dan enkel het sturen van de ventilatievraag.

Wanneer het ventilatiepatroon niet optimaal is, wordt dit veelal gekenmerkt door zogenaamde dode zones of hotspots waar de lucht te weinig wordt ververst. Hier zullen hogere CO₂-waardes worden waargenomen. Een veehouder in het bezit van een CO₂-sensor kan bij het vermoeden van dode zones zelf metingen uitvoeren en eventueel aanpassingen maken aan zijn

INSTALLATIE EN DATA

Het doel van de sensor zal bepalen welke verwachtingen je hebt. Bij hotspotdetectie wil je de sensor gemakkelijk op verschillende locaties in een stal kunnen hangen. Daarbij wil je niet telkens een kabel moeten trekken tot aan de meetlocatie. Het systeem moet dus compleet onafhankelijk kunnen werken via een heroplaadbare accu. De accu gaat best minstens 5 dagen mee zodat er genoeg data is om conclusies te trekken. Er moet minstens elke 15 minuten 1 datapunt worden gelogd. Bij een lagere meetfrequentie verlies je mogelijk belangrijke informatie. Bij een hogere meetfrequentie (bv. 1 per seconde) wordt de batterij te veel belast wat ten koste gaat van de batterijduur. Aangezien het hier gaat over een

ventilatiesysteem of stalinrichting. Adviesbureaus gebruiken deze techniek reeds met succes.

Wanneer je tot de aankoop van een CO₂-sensor zou overgaan, vergen enkele zaken de nodige aandacht. Voor andere sensoren zoals temperatuur, luchtvochtigheid (en in de toekomst mogelijk ook ammoniak en H₂S) zullen sommige van deze aandachtspunten ook belangrijk zijn.

meting in een probleemzone wil je continu op de hoogte kunnen zijn van de situatie. Een continue draadloze uitlezing van de data aan de hand van een gebruiksvriendelijke app is essentieel. De mogelijkheid tot automatische waarschuwingen bij het overschrijden van drempelwaardes is daarbij een pluspunt.

Als je de sensor gebruikt voor de klimaatregeling dan gaat het over een permanente opstelling en is een bekabelde oplossing uiteraard geen probleem. Vraag wel eerst na of je klimaatcomputer in staat is om deze extra sensorinput te verwerken. Indien niet, zal je ook hier aparte software nodig hebben.

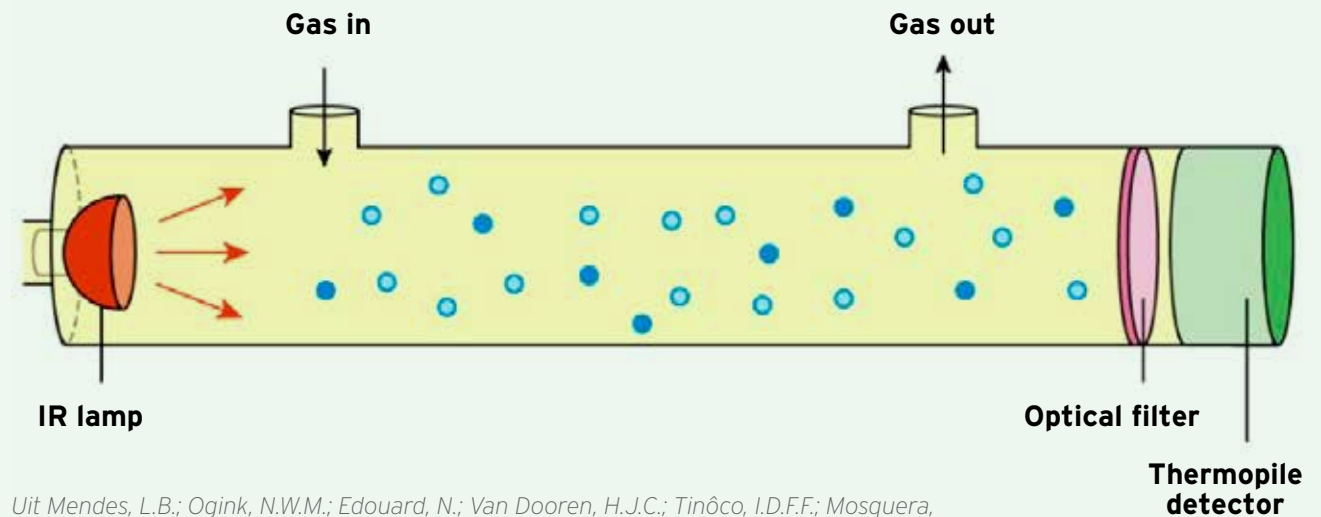


WERKINGSPRINCIPE

Veel van de CO₂-sensoren die nu op de markt zijn, werken volgens het NDIR-principe. Dit staat voor **Non-Dispersive InfraRed** (zie Fig. 1). Kort gezegd betekent dit dat er in de sensorbehuizing een infrarode lichtbron zit. Deze schijnt zijn licht (bestaand uit een hele reeks golflengtes) naar een lichtgevoelige sensor (groen op de tekening). De CO₂-moleculen tussen lichtbron en lichtsensor beïnvloeden enkel één specifieke golflengte van dit licht. We noemen die golflengte voor het gemak "G". Dat betekent dat hoe meer CO₂-moleculen er tussen lichtbron en

lichtsensor zitten hoe minder licht van golflengte G uiteindelijk wordt opgevangen. Om te maken dat de lichtsensor enkel gevoelig is voor die golflengte G wordt er nog een optische filter voor de lichtsensor geplaatst. Omdat CO₂ zo goed als het enige gas is dat invloed heeft op deze specifieke golflengte is de sensor ongevoelig voor andere gassen. Kijk na of het werkingsprincipe vermeld staat in de brochure. Indien niet vraag zeker na op welk principe de sensor gebaseerd is en hoe dit zich verhoudt qua accuraatheid ten opzichte van NDIR-sensoren.

Figuur 1: Schematische voorstelling van een NDIR-sensor



Uit Mendes, L.B.; Ogink, N.W.M.; Edouard, N.; Van Dooren, H.J.C.; Tinôco, I.D.F.F.; Mosquera, J. NDIR Gas Sensor for Spatial Monitoring of Carbon Dioxide Concentrations in Naturally Ventilated Livestock Buildings. Sensors 2015, 15, 11239-11257. <https://doi.org/10.3390/s150511239>



BEREIK EN ACCURAATHEID

Algemeen wordt aangeraden om de CO₂-concentraties in een stal niet hoger te laten oplopen dan 3000 ppm. Dat betekent dat een sensor eigenlijk maar een bereik nodig heeft tot die alarmdrempel. Het kan echter interessant zijn om te zien hoe ver deze grens wordt overschreden, zeker in het geval van hotspotdetectie. Een range van 0 tot 5000 ppm wordt daarom aangeraden. Een grotere range is in de meeste gevallen niet nuttig en kan in sommige gevallen zelfs de accuraatheid van de sensor verlagen. Daarom is het steeds belangrijk om na te gaan wat de accuraatheid van de sensor is.

In varkensstallen is een accuraatheid van ± 150 ppm voldoende. Dat betekent dat wanneer een waarde van 2000 ppm wordt gemeten de werkelijke waarde tussen 1850 en 2150 ppm zal liggen. De accuraatheid (*accuracy*) van een

KALIBRATIEOPTIES

Weinig sensoren blijven goed werken zonder ze af en toe bij te stellen. Zonder een tussentijdse kalibratie zullen de sensoren wel nog steeds blijven werken maar zullen ze mogelijk steeds verder afwijken van de realiteit. Een dergelijke afwijking is zeer moeilijk om zelf te detecteren.

sensor wordt meestal als volgt weergegeven: $\pm(A \text{ ppm} + B \% \text{ of } \textit{measuring value})$. Met A een vaste waarde meestal rond 50 ppm en B een percentage van de op dat moment gemeten waarde, bv. 3%. Dit betekent dat de fout die je kan maken op de werkelijke waarde groter wordt naarmate je hogere waardes meet. Je wilt dus bij 3000 ppm onder ± 150 ppm blijven. Een accuraatheid van $\pm(50 \text{ ppm} + 3\% \text{ of } \textit{measuring value})$ geeft je dan ± 140 ppm en is dus aanvaardbaar.

Bij veel sensoren wordt de nauwkeurigheid beïnvloed door de temperatuur. Vraag na of er een interne temperatuurcompensatie gebeurt en in welke range van temperaturen de sensor mag werken. Als er geen compensatie gebeurt, dan moet de leverancier kunnen garanderen dat de temperaturen die je in de stal verwacht geen invloed zullen hebben op de sensor.

De producent moet duidelijk kunnen zeggen om de hoeveel tijd, hoe en door wie de kalibratie moet worden uitgevoerd.

Vele NDIR CO₂-sensoren kunnen op zichzelf een kalibratie uitvoeren zonder menselijke



tussenkost, een zogezegde auto-kalibratie. Dit verlengt de periode waarbij de sensor accuraat kan blijven werken maar is geen complete vervanging voor een echte tussentijdse kalibratie. Om een goede kalibratie uit te voeren is gespecialiseerde apparatuur nodig. Dit zal dus meestal door de leverancier zelf moeten gebeuren. Wil je toch zelf vlug nakijken of je

sensor nog realistische waardes geeft, dan kan je de sensor even in de buitenlucht hangen en dat liefst windopwaarts van de stallen. Je zou dan ongeveer 400 en 450 ppm CO₂ moeten meten. Ook hier dien je natuurlijk rekening te houden met de accuraatheid van de sensor en een zekere afwijking te aanvaarden.

IP-CLASSIFICATIE & REINIGINGSOPTIES

De stal is verre van een ideale omgeving voor sensoren. Stof, vocht en ammoniak kunnen zeer schadelijk zijn voor een niet goed afgeschermd sensor. Een IP-classificatie van minstens IP56 (spatwaterdicht en stofvrij) is nodig. Meestal zal worden aangeraden om de sensoren toch te verwijderen tijdens een grondige reiniging

van de stal. Het gemak waarmee je de sensor kan verwijderen en terugplaatsen kan dus een belangrijke rol spelen in de sensorkeuze. Bij een goed systeem zouden alle open connecties na de verwijdering van de sensor afgeschermd moeten kunnen worden door klepjes of schroefdoppen.

LEVENSDUUR

De huidige NDIR-sensoren zouden een levensduur hebben van ongeveer 10 jaar. Er zijn echter nog geen stallen die reeds 10 jaar een dergelijke sensor in gebruik hebben. Er is dus nog geen zekerheid dat deze termijn in

een stalomgeving gehaald kan worden. Vijf jaar zou echter een meer realistische levensduur moeten zijn. Vraag steeds de levensduur na bij de leverancier.



LOCATIE SENSOREN

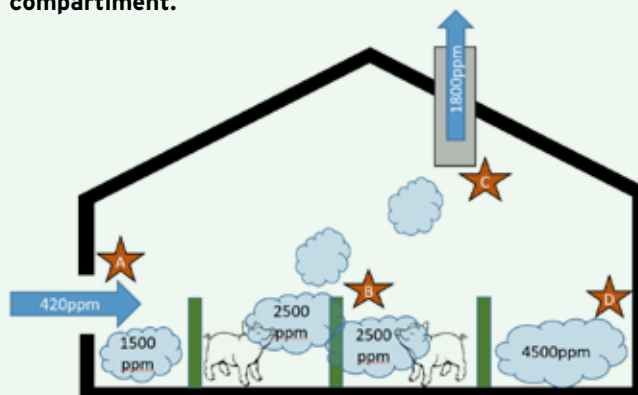
Wanneer je dan eindelijk de juiste sensor hebt gevonden, is het natuurlijk belangrijk om die ook op de juiste locatie te hangen. De ideale locatie van de sensor hangt af van de toepassing.

Voor het detecteren van het microklimaat van de dieren (locatie B) of mogelijke hotspots (locatie D) hang je de sensor dichtbij maar net buiten het bereik van de dieren in het hok (zie Fig. 2).

De CO₂-concentraties kunnen ook gebruikt worden om de ventilatie-effectiviteit in te schatten. Ventilatie-effectiviteit is een maat voor de effectiviteit van het ventilatiesysteem. Opdat ventilatie effectief zou zijn, moet de verse lucht zich verdelen in de stal, ook in zones waar de

dieren zich bevinden (microklimaatzone). De met stalgassen en vocht beladen lucht moet immers afgevoerd worden. Als de uitlaat te dicht bij de inlaat geplaatst is, kan er een kortsluitingsstroom ontstaan waardoor er onvoldoende menging is met de stallucht. De inkomende lucht wordt dan teveel rechtstreeks afgevoerd, zonder voldoende bijmenging met stallucht, waardoor de ventilatie niet effectief is. Om de ventilatie-effectiviteit te meten, heb je minstens drie sensoren nodig waarvan je er één plaatst aan de inlaat (locatie A), één aan de uitlaat (locatie C) en één ter hoogte van het dierniveau (locatie B) waar je vermoedt dat dit het meest representatief is voor de gehele stal (Zie Fig. 2).

Figuur 2: Nuttige locaties voor CO₂-sensoren, met A de inlaat, B het algemeen microklimaat bij de dieren, C de uitlaat en D een mogelijke hotspot. De ppm-waardes staan voor mogelijke CO₂-concentraties in het compartiment.



De ventilatie-effectiviteit (VE) kan als volgt weergegeven worden:

$$VE = \frac{\text{concentratie Uit} - \text{concentratie In}}{\text{concentratie MK} - \text{concentratie In}}$$

Waarin: Uit = uitgaande lucht, In = ingaande lucht en MK = microklimaat



De resultaten moeten als volgt geïnterpreteerd worden:

VE < 1	Er is kortsluiting, de CO ₂ -concentratie in de uitgaande lucht is kleiner dan de concentratie op dierniveau
VE = 1	De stallucht is homogeen, de CO ₂ -concentratie in de uitgaande lucht is gelijk aan de concentratie op dierniveau. Als deze verhouding over de volledige stal wordt gevonden, is dit een perfecte situatie. Het stalklimaat is homogeen en er wordt niet onnodig geventileerd.
VE > 1	De ventilatie is effectief, de CO ₂ -concentratie in de uitgaande lucht is groter dan de concentratie op dierniveau.

De VE in het voorbeeld (zie Fig. 2) bedraagt:
 $(1800-420)/(2500-420) = 0,66 (<1)$

De uitgaande lucht is minder geconcentreerd dan de lucht op dierniveau, er is dus een vorm van kortsluiting tussen in- en uitlaat.

Om te oordelen of een bepaald ventilatiesysteem goed werkt, kan men zich dus baseren op de resultaten van een aantal CO₂-metingen op juist bepaalde plaatsen in de stal. Men moet er wel rekening mee houden dat een momentopname niet noodzakelijk representatief is voor de situatie over een langere periode.



Meer info en referenties

De gegevens die gebruikt zijn in deze brochure en de info in de tabellen zijn gebaseerd op volgende bronnen:

- [Stalklimaat | VARKENSLOKET](#)
- [Stappenplan klimaatevaluatie | VARKENSLOKET](#)
- [Berekening mechanische ventilatie | VARKENSLOKET](#)
- [Klimaatplatforms Varkens- en Pluimveehouderij - WUR](#)
- https://ilvo.vlaanderen.be/uploads/documents/Refmil/A_P1_Standaardprocedure.pdf

Met dank aan de verschillende klimaatadviseurs die een bijdrage hebben geleverd aan deze brochure:

- Frans Lemans - Klima+
- Maarten Van Horen - dierenarts, productmanager varkens ForFarmers België.
- Michel Loicq - noHow
- Nathalie Van Hulle - Air Support
- Peter van der Voorst - v.d. Voorst Klimaatbeheersing.

Werkten mee aan deze brochure:

- Tamara Vandersmissen (DGZ)
- Charlotte Brossé (DGZ)
- Dominiek Maes (UGent)
- Philippe Van Overbeke (ILVO)
- Bart Sonck (ILVO)
- Nathalie Nollet (Inagro)



Demonstratieproject: Monitoring en optimaliseren van het klimaat in varkensstallen

Deze brochure vormt het sluitstuk van het demonstratieproject 'Monitoren en optimaliseren van het klimaat in varkensstallen'. Dit project werd uitgevoerd door DGZ, Faculteit Diergeneeskunde UGent, Inagro en ILVO.

Met dit project hebben we de voordelen van een goed stalklimaat onder de aandacht gebracht. We demonstreerden op 10 deelnemende bedrijven de positieve effecten van een goed stalklimaat. Zo zagen we op de meeste van deze bedrijven dat aanpassingen aan het stalklimaat resulteerden in gezondere dieren, daling van de sterfte, stijging van de groei en/of een daling van het antibioticumgebruik.

De bevindingen in dit project en algemene info en tips over het stalklimaat werden binnen het

project gedeeld met de sector via verschillende nieuwsbrieven, presentaties, persartikels en getuigenissen van deelnemers. In deze brochure bundelen we de belangrijkste info en bevindingen uit het project zodat je ook zelf aan de slag kan gaan om het stalklimaat op je bedrijf te verbeteren en de voordelen ervan kan ondervinden.

Dit project kwam tot stand met de steun van www.vlaanderen.be/pdpo en www.ec.europa.eu/agriculture



Europees Landbouwfonds
voor Plattelandsontwikkeling:
Europa investeert
in zijn platteland



Met dank aan alle veehouders en hun bedrijfsdierenartsen die hebben deelgenomen aan dit project.