

Miljöundersökningar och diagnos av ventilationsproblem

Detta kapitel vill visa hur man kan arbeta för att utreda problem som är kopplade till stallklimat och luftkvalité. Det handlar om hur man bör lägga upp miljöanalysen i stallen, hur man känner igen vanliga klimatproblem och lite grand om olika instrument som man kan använda.

Att uppfylla djurskyddskraven är inte alltid tillräckligt

I djurskyddskraven anges gränsvärden för flera viktiga miljöfaktorer. De fastslår en grundnivå för vad som är en acceptabel djurmiljö. När det gäller att avgöra om ett stall uppfyller myndigheternas djurskyddskrav, räcker det att kontrollera dessa gränsvärden. Men gäller det att värdera stallmiljön som helhet, måste man istället utgå från djurens hälsa, beteenden och produktionsresultat. Visar djuren hälsoproblem, beteendestörningar eller nedsatt produktion så föreligger det miljöproblem av något slag - oavsett hur bra alla mätvärden ser ut. Problemen kan mycket väl bero på annat än stallklimatet, men oftast blir en stallmiljöundersökning ändå en nödvändig del i det totala utredningsarbetet.

Att bara mäta leder inte till förståelse

Är man oerfaren men ambitiös lägger man ofta tonvikten på att mäta alla tänkbara miljöfaktorer. Detta leder vanligtvis bara till tillfredsställelsen av att kunna visa upp ett långt protokoll – men sällan till någon djupare förståelse för problemet. Mycket sällan finner man några uppenbart onormala mätvärden eller avvikelser som entydigt hjälper en att peka ut orsaken till de aktuella problemen.

Den enda framkomliga vägen till förståelse, är att utgå från **de problem och störningar som verkligen finns**. Med dessa som utgångspunkt formulerar man en eller flera alternativa hypoteser för vad som kan tänkas utgöra orsaker. Först därefter genomför man just de mätningar och undersökningar som kan förväntas verifiera/bekräfta eller förkasta/falsifiera hypoteserna.

Fall inte offer för dina förutfattade meningar

Arbetet med att utreda och analysera hotas av **en** stor och dominerande felkälla, nämligen att man förleds av sina egna förutfattade meningar. Oavsett hur saker och ting *brukar* vara och oavsett vad man *tycker* och *känner*, så måste man acceptera att verkligheten alltid har rätt!

Träna dig att arbeta med alla sinnen öppna. Medan man omedvetet försöker bekräfta sina förutfattade meningar skymtar ofta det som är verkligt viktigt förbi i ögonvrån. Stanna därför upp när du spontant tänker – det här kan väl inte stämma? Det är just bakom det som inte stämmer, som förklaringen till problemen oftast döljer sig.

Arbetsmetod för diagnos av problem och störningar

Enligt vår erfarenhet får man bäst resultat om man tänker förutsättningslöst och arbetar systematisk. En bra arbetsmetod är att:

1. Klargör vilka problemen är och i vilka sammanhang de uppträder. Ju mer exakt man kan beskriva problemet ju större chans finns ett att hitta en orsak.
2. Avgränsa problemområdet och planera relevanta mätningar
3. Genomför de mätningar och observationer som behövs
4. Analysera resultatet för att komma fram till den mest sannolika orsaken.

Det är tyvärr ovanligt att man kommer fram till en enda absolut säker orsak. Analysen utmynnar oftast i att det finns ett antal olika möjliga orsaker. Anledningen brukar främst vara att det är svårt att beskriva problemet tillräckligt entydigt. Därtill kan det finnas flera olika överlappande problem. När man hamnar i den situationen får man gå vidare genom att steg för steg åtgärda de tänkbara orsaker som man kommit fram till.

Att utreda och diagnostisera problem som är kopplade till stallmiljö och stallklimat, är ett stort område som kräver erfarenhet och breda kunskaper. I denna skrift begränsar vi oss till några vanliga problem som är direkt relaterade till stallventilationen.

Klargör problemen och dokumentera förutsättningarna

I denna fas lägger man grunden för en lyckad diagnos. Djurskötarens erfarenheter och observationer är utgångspunkten i arbetet med att klargöra och avgränsa problemen. Det kan också finnas information i slaktskadestatistik och veterinärutlåtanden. Det är viktigt att försöka klargöra i vilka sammanhang som problemen uppträder:

Är problemen kopplade till någon speciell fas i produktionscykeln eller till vissa skötselåtgärder?

Är det någon skillnad mellan olika årstider eller olika väderleksförhållanden?

Berör problem vissa delar av stallet eller är alla djur påverkade. Är mönstret alltid detsamma eller vandrar problemet runt mellan olika delar av stallet?

Tag god tid på dig för att göra egna observationer i stallet. Vänta tills det blir lugnt och använd alla sinnen, inte bara synen. Ett ljud eller en lukt kan ge viktiga ledtrådar.

Dokumentera den information du samlar in. Det är nödvändigt att också ta med basdata som byggnadsmått, djurantal och stalllayout. Använd gärna kameran för att dokumentera. Fotografera både invändigt och utvändigt. Ta allmänna bilder som visar hur stallet ser ut i olika delar. Du kommer senare att ha större nytta av detaljer från dessa allmänna bilder än av närbilder på skitiga boxar.

Avgränsa problemområdet och planera mätningar

Innan man börjar med mätningarna i stallet bör man försöka göra en första analys för att om möjligt avgränsa problemområdet och planera sina mätningar. Utan en sådan planering är risken stor att man lägger ned tid och pengar på att mäta sådant som inte är relevant samtidigt som man missar avgörande information om det som verkligen är viktigt.

Att planera sina mätningar innebär först och främst att bestämma vilka miljöfaktorer som är relevanta att mäta med hänsyn till det problem som man vill undersöka och komma tillrätta med. Samtidigt måste man också fundera över var och när mätningarna skall göras. Ofta kan skillnaderna i mätvärden över en tidsperiod eller mellan olika platser i stallet, ge mycket mer informationen jämfört med om man bara mäter i en punkt vid ett tillfälle.

En kartläggning av temperatur eller koldioxidhalt i många mätpunkter ger t ex även information om hur fördelningen av friskluft fungerar. En systematiskt (och helst upprepad) klassificering av renheten i olika boxar kan avslöja om det finns ett visst mönster i störningarna. Varför är det rent på vissa ställen och skitigt på andra?

Djur och människor reagerar ofta starkare på förändringar (särskilt snabba sådana) än på stabila förhållanden. Därför blir informationen om det termiska klimatet mer givande om man loggar temperaturen kontinuerligt under ett par dygn jämfört med om man bara registrerar enstaka mätvärden i samband med ett besök i stallet. Det är lättare att tolka mätresultaten om man samtidigt loggar både förhållandena i stallet och i omgivningen, t.ex. temperatur och fuktighet samtidigt som utomhusklimatet. Idag finns det billiga och enkla dataloggrar som kan användas för sådana mätningar. Mer information om detta ges i avsnittet om olika mätinstrument.

För att kunna dra säkra slutsatser är det också viktigt att välja tillräckligt noggranna instrument och mätmetoder. Man måste också ta hänsyn till instrumentets snabbhet och eventuella kostnader per mätvärde. Ett långsamt instrument passar inte för kartläggningar där man behöver mäta på ett stort antal

mätpunkter. Vid vissa mätningar krävs någon form av mer eller mindre kostsamma reagensrör eller engångssensorer.

Genomför mätningar och observationer

Innan arbetet i stallet påbörjas, måste man vara fullt klar över hur instrumenten fungerar. Vissa elektroniska instrument erbjuder t.ex. funktioner för medelvärdesbildning och min/max värden. Det vore fatalt att läsa av sådana värden istället för de ögonblicksvärden som man behöver.

Se alltid till att ha reservbatterier till hands eller möjlighet att ladda inbyggda ackumulatorer. Instrumenten bör vara funktionstestade och kalibrerade. Ibland visar ett instrument felaktiga värden så länge det inte hunnit anpassa sig till rumstemperaturen eller om det utsätts för extrem temperatur eller hög fuktighet. Förvara därför inte mätinstrument i bilen under kalla nätter om de skall användas nästa morgon.

Börja med att mäta utomhustemperatur, luftfuktighet ute, vindhastighet och vindriktning i förhållande till stallet. Notera också förhållandena i stallet – djurbeläggning (vikt och antal) och vilka dagliga rutiner som pågår (t.ex. utgödsling eller utfodring).

Skriv ner alla mätvärden omedelbart! Man bör också göra en enkel planskiss och ett tvärsnitt av stallet på vilken man kan rita in var de olika mätvärdena registrerats. Detta är till mycket stor hjälp när man sedan skall utvärdera sina mätdata.

Börja arbetet i stallet med att registrera hur ventilationsanläggningen arbetar vid mättillfället:

- Hur stor ventilationskapacitet används?
- Hur mycket är luftintagen öppna?
- Är eventuell tilläggsvärme och/eller golvvärme igång?
- Fungerar gödselgasventilationen?
- Finns det fönster, dörrar eller foderluckor som står öppna och punkterar undertrycket i stallet?

I stallet gäller det att mäta på ett systematiskt och enhetligt sätt. Även om man inte gör en långtidsmätning så är det smart att upprepa mätningen flera gånger i samma mätpunkt. Görs mätningarna i direkt följd, får man en uppfattning om hur stabila instrumentets mätvärden är. Om man istället mäter med 15-30 minuters mellanrum och med ett stabilt instrument får man en uppfattning om hur snabbt och mycket den mätta miljöfaktorn varierar med tiden. Detta är av stort värde när man sedan skall analysera mätresultaten.

Var noga med att mäta i representativa mätpunkter. Oftast bör man mäta i djurens upphållszon. Det är t.ex. inte särskilt meningsfullt att mäta buller direkt under en fläkt eftersom det inte ger någon bra information om hur mycket det bullrar nere hos djuren.

Studera luftströrelserna i stallet. Använd rök för att se hur luften rör sig från intagen och fram till djurens uppehållszon. Använd rök för att kolla om luft tränger upp från utgödslingskanaler eller via gödselkultvertar in i stallet.

Det är bra om man inte bara mäter under ”normal” drift utan också försöker fånga upp kortare händelser, t.ex. när utgödslingen körs.

Avsluta arbetet i stallet med att återigen registrera hur ventilationsanläggningen arbetar, vilket utomhusklimat som råder och andra yttre förhållanden som kan ha förändrats under mätningarnas gång. Det normala är att såväl yttre förhållanden som ventilationsanläggningen ändrar sig under den tid det tar att genomföra undersökningen. Genom att dokumentera förhållandena både i början och slutet har man bättre möjlighet att värdera sina mätresultat.

Allra sist bör du ägna en stund åt lite eftertanke. Har du kommit ihåg att mäta allt som var planerat? Har du gjort några justeringar i planen och kommer de i så fall att påverka arbetet med att analysera resultaten?

Analysera resultatet för att komma fram till de mest sannolika orsakerna

Analysen underlättas om man före mätningarna har formulerat bra hypoteser som är möjliga att pröva mot de mätresultat som man fått fram. När man hanterar problem som har med stallklimatet eller med ventilationens funktion att göra, har man stor hjälp av att minnas att fysikens lagar **undantagslöst** gäller! Däremot blir det mer komplext, och därmed mycket svårare, när det gäller att tolka och förstå hur djuren reagerar och fungerar. Det gäller dock även här att konsekvent arbeta med logiska orsakssammanhang för att försöka bekräfta eller förkasta olika tänkbara hypoteser.

Ett exempel kan visa på fördelen med att utnyttja fysikens lagar och att resonera logiskt. Antag att man vintertid har problem med hög luftfuktighet i stallet samtidigt som stalltemperaturen är normal. Den som saknar kunskap om de fysikaliska samband som styr stallklimatet, förleds lätt att tro att det är fel på ventilationssystemet som inte ventilerar ut fukten. Den som har kunskap om hur stallets värme- och fuktbalans fungerar, vet, att för att ventileras bort mer fukt krävs ett ökat ventilationsflöde. Problemet är att ett ökat ventilationsflöde - enligt fysikens lagar - oundvikligen leder till sänkt stalltemperatur. Den logiska - och enda möjliga lösningen - är att det ökade ventilationsflödet måste följas av extra värmetillförsel.

Så enkelt som i exemplet ovan, är det sällan att resonera sig fram till en lösning. När problemen berör både djurhälsa, beteende och ventilationsteknik, behöver man dryfta frågan med olika specialister innan det går att komma fram till vad som orsakar problemen. Det normala är att man kommer fram till flera tänkbara orsaker. Då tvingas man lösa problemet stegvis. Börja med att rätta till det som är enklast att åtgärda. Om detta inte leder till en tillräcklig förbättring går man vidare steg för steg tills problemen eliminerats. Det är oftast oklokt att ändra på allt på en gång.

Vanliga stallklimat och ventilationsproblem

Att presentera ett fullständigt "felsökningschema" för miljöproblem i djurstallar skulle kräva en egen bok. Här följer några av de vanligast förekommande felen samt förslag på hur dessa kan åtgärdas. Problemen är indelade i fyra kategorier:

- Stallklimatproblem Problemet rör stallklimatet och drabbar hela stallrummet
- Närklimatproblem Problemet rör klimatet lokalt i vissa delar av stallet
- Luftkvalitetsproblem Problemet rör gaser i stalluften
- Smittspredning och rundgång Problemen beror på rundgång mellan från- och friskluft eller på överföring av luft mellan stallavdelningar

Sammanställningen gäller först och främst för isolerade stallar med reglerat klimat.

Stallklimatproblem

För hög stalltemperatur

Symptom	Grundorsak	Observationer/ frågeställningar	Möjliga orsaker/åtgärder
Problemet uppträder när det är så i stallet varmt att ventilationen går med full kapacitet. Temperaturen i stallet är > 4 grader högre än utomhus under en stor del av dagen	För låg luftomsättning	Alla fläktar går inte för fullt. Spjäll och/eller luftintag är inte helt öppna	Elektriska fel, felprogrammering av styrcentral eller feljustering av spjäll och intag.
		Undertrycket i stallet är större än normalt vilket leder till att fläktarna inte kommer upp i tillräcklig kapacitet (> 20 Pa)	Tilluften strypt, tex. pga igensatta ventilationsdukar, igentäppta tilluftskanaler, igensatta

			insektsnät eller för få luftintag
		Undertrycket i stallet är ovanligt lågt (< 5 Pa).	Fläktarna kommer kanske inte upp i full kapacitet t.ex. p g a stängda spjäll eller igensatta frånluftskanaler.
		Fläktarnas totala kapacitet för liten i förhållande till behovet.	Installera fler fläktar

För låg stalltemperatur

Symptom	Grundorsak	Observationer/ frågeställningar	Möjliga orsaker/åtgärder
Problemet uppträder vid kall väderlek. Den låga temperaturen uppträder samtidigt som den relativa luftfuktigheten också är låg (<70%) Koldioxidhalt < 1500 ppm	För stor minimiventilation i kombination med tilläggsvärme	Minventilation blir för hög beroende på självdrag i fläkttrummor eller vindpåverkan	Använd strypspjäll för att få ner ventilationskapaciteten.
		Minventilation är för hög beroende på felaktigt inställd styrcentral.	Ställ om styrcentralen så att minventilationen blir mindre.
Problemet uppträder vid kall väderlek. Den låga temperaturen uppträder samtidigt som luftfuktigheten är hög	För stor minimiventilation. Koldioxidhalt < 1500 ppm	Se alternativ ovan	Se alternativ ovan
	För liten värmeavgivning i stallet i förhållande till värmeförlusterna. Koldioxidhalt 1500-3000 ppm	Tilläggsvärme saknas eller har för låg kapacitet	Installera/använd tilläggsvärme med tillräcklig effekt
	Skillnaden mellan inomhustemperatur och utomhus-temperatur är för liten för att möjliggöra borttransport av fukt	Önskad stalltemperatur inställd på lägre temperatur än 5-8 grader	Höj inställningsvärdet för inomhustemperaturen några grader. Eventuellt krävs dessutom tilläggsvärme.

Närklimatproblem

Ojämn temperatur i stallet

Symptom	Grundorsak	Observationer	Orsak/åtgärd
---------	------------	---------------	--------------

Problemet kan uppträda vid alla väderförhållanden Temperaturen skiljer > 2-3 grader mellan olika delar av stallet	Fördelningen av tilluft är inte anpassad efter värmeavgivningen (djurbeläggningen) i olika delar av stallet.	Det är anmärkningsvärt kallt på några ställen med liten djurbeläggning.	Minska mängden tilluft lokalt genom att stänga till eller delvis blockera öppning på intag i den zon där det är som kallast
		Det är anmärkningsvärt varmt på några ställen med hög djurbeläggning.	Öka mängden tilluft lokalt/montera in flera luftintag i den zon där det är som varmast. Kontrollera att intagen inte är igensatta.
		Inget samband med djurbeläggningen ses, men olika luftintagstyper används i olika delar av stallet.	Byt ut luftintag så alla blir av samma typ.
Problemet uppträder vid låga utomhustemperaturer Temperaturen är lokalt minst 2-3 grader lägre i en del av stallet	Låg eller ingen värmeavgivning lokalt	Ofta problem med kondens i denna zon	Sätt in en lokal värmekälla och/eller tilläggsisolera. Effekten av tilläggsisolering är dock ofta liten.
	Okontrollerad tillförsel av uteluft genom port, lucka, otätheter eller kulvertar	Använd rök utifrån för att visa var kall luft kommer in.	Ändra rutiner så att portar och luckor stängs till efter användning. Täta otätheter.
Problemet uppträder när det är blåsigt väder	Yttre vindtryck förskjuter fördelningen av tilluft	Väggintag används för tilluft.	Eventuellt kan problemet mildras om man har en reglercentral med zonreglering som öppnar intagen mer på den varma sidan än på den kalla.
		Tilluft kommer in via tilluftskanaler som mynnar i yttervägg	Försök bygga om tilluftskanalerna så att de går rakt genom huset. Detta kan utjämna den tryckskillnad som orsakas av vinden. Eventuellt kan zonreglering hjälpa

Luftkvalitetsproblem

Det förekommer en mängd olika mer eller mindre skadliga gaser i stallluft. För några få finns det gränsvärden och dessa gaser är också ganska lätta att mäta med enkla instrument. Höga halter av de gaser som finns uppräknade i djurskyddsbestämmelserna skall framför allt ses som indikatorer på att det finns mer omfattande problem med luftkvaliteten.

Gaser kan antingen förekomma allmänt spridda i stallet eller uppträda lokalt där luft tränger upp från utgödslingssystemet. Lokala gasuppslag kan vara svåra att spåra eftersom de oftast bara visar sig i

samband med vissa snäva väderleksförhållanden eller aktiviteter i stallet (t.ex. när utgödslingen körs eller när en viss dörr står öppen eller vid en kombination av sådana faktorer).

Koldioxid

I stallet avger djuren koldioxid med utandningsluften. Koldioxid reagerar inte med andra ämnen i stallet varför halten i luften uteslutande beror på hur stor luftomsättningen är i förhållande till djurens avgivning. Koldioxidhalten kan därför användas som indikator på om luftomsättningen är tillräcklig i förhållande till djurbeläggningen i stallet och på om fördelningen av tilluft inom stallet är tillfredsställande. När man skall tolka resultatet av koldioxidmätningar måste man tänka på att djurens koldioxidavgivning varierar mycket kraftigt med hur aktiva djuren är. Variationen kan vara så stor som $\pm 50\%$ mellan viloperioder på natten och hög aktivitet t.ex. i samband med utfodring. Koldioxidhalten i stallluften påverkas direkt av luftomsättningen i stallet. Uteluft innehåller normalt 380 ppm koldioxid.

Ammoniak

Ammoniak är en vattenlöslig, frätande och irriterande gas som frigörs i stora mängder när gödsel och urin kommer i kontakt med luftens syre. Ammoniak är otrevlig i sig, men är framför allt en tydlig indikator som visar att det finns allvarliga miljö- och ventilationsproblem i stallet.

Stora mängder ammoniak kan komma ut i stallluften via luftströmmar som passerar över ytor med stillastående urin eller gödsel. Använd rök för att kolla var luften kommer in. Kontrollera urindränering (skall vara försedd med vattenlås), gödselrännor med spalt och gödselkulvertar.

Höga ammoniakhalter är också vanligt i stallar med hygienproblem. Det kan vara djur som gödslar på liggtytor som reaktion på stress eller dålig termisk komfort. Hög luftfuktighet, kondens, damm och blöta foderrester bidrar också till höga ammoniakhalter. Däremot påverkas ammoniakhalten i stallluften mycket lite av luftomsättningen i stallet.

Svavelväte

Svavelväte bildas snabbt av bakterier i stillaliggande flytande gödsel. Gasen frigörs om gödseln rörs om. Det är en extremt giftig gas vars effekter på djur uppmärksammades när det blev vanligt med flytgödselsystem i Sverige. Många av de första flytgödselsystemen byggde på att gödseln lagrades en tid inne i stallet. När gödseln sedan tömdes ut, kunde svavelväte frigöras. Dessa farliga system togs snart ur bruk och sedan dess är det mycket ovanligt att man vid normal drift finner mätbara mängder svavelväte i stallar. Det är egentligen bara där det saknas vattenlås och gödselgasavsug mellan pumpbrunn och stall, som man kan stöta på problem med svavelväte. På senare tid har det dock dykt upp nya system där man lagrar flytgödsel inne i stallet. Det gäller s.k. vakuumutgödsling i svinstallar där gödseln samlas upp i bassänger under spaltgolvet. Dessa töms genom en bottenventil utan att gödseln behöver röras om. Vid felaktigt handhavande eller driftsstörningar finns det dock förutsättningar för att svavelväte skall kunna frigöras. Svavelväte luktar ruttna ägg, men luktsinnet bedövas snabbt vid höga koncentrationer. Pumpbrunnar och gödseltunnor kan vara dödsfällor.

Smittspridning och rundgång

Överföring av luft via gemensamma kulvertar eller gödselrännor

I anläggningar där man tillämpar omgångsuppfödning så har man ofta flera angränsande stallrum med åldersindelade djurgrupper. Om det finns gödselrännor eller gödselkulvertar som löper direkt från en stallavdelning till en annan, får man nästan alltid problem med att luftburna smittor vandrar mellan stallavdelningarna. Enbart avskiljning med bara gummidukar brukar inte ha tillräckligt god effekt. Man får en effektivare avskiljning om gödselrännorna mynnar i en kulvert med som är placerad utanför stallavdelningarna, t.ex. i en förbindelsekorridor. Kulverten skall vara försedd med en egen gödselgasfläkt.

Rundgång mellan frånluft och tilluft

Om frånluftsutsläpp är placerade för nära intag av ute/friskluft, riskerar man att få problem med rundgång. Det betyder att en del av frånluften följer med tillbaka in i stallet via friskluften. Det kan röra

sig om luft från samma stallavdelning eller från någon annan. Typfallet är när man skickar ut frånluft genom trummor som mynnar på taket i närheten av likaledes takplacerade tilluftstrummor.



En annan problematisk situation är när man tar in ute/friskluft genom takfoten och via vinden. En ogenomtänkt placering av gödselgasfläkten medför utsläpp av starkt förorenade luft invid väggen under takfoten. Gödselgasfläktar placerad intill hus skall förses med frånluftstrumma som mynnar ovanför takfoten.

Mätinstrument och hjälpmedel

De typer av instrument som presenteras nedan är framför allt av billigare och enklare natur, men med tillräcklig noggrannhet och tillförlitlighet för att kunna användas i stallmiljöundersökningar. Det finns andra instrument som har högre precision och som är avsedda för vetenskapliga undersökningar. Dessa ligger dock i en helt annan prisklass. Skillnaden mellan billigare och dyrare instrument ligger i noggrannheten och hållbarheten. Man kan köpa mycket prisvärda instrument från postorderfirmor med allmän elektronikinriktning men man kan då inte räkna med samma support som om man köper från en dyrare specialfirma.

Temperatur

Det är svårt att mäta temperatur. När man kartlägger temperaturfördelningen i ett stall vill man ha ett instrument som både är exakt och snabbt. Traditionella termometrar är för långsamma när man vill mäta på många olika platser. Elektroniska termometrar kan vara snabba och samtidigt erbjuda en upplösning på 0,1°C. Oftast är dock noggrannheten inte bättre än ca ± 1 °C. Man bör alltid röra känselkroppen fram och tillbaka i luften för att få ett snabbare och säkrare mätvärde.

Det finns idag billiga, beröringsfria IR-termometrar som enkelt mäter yttemperatur. De har dock sämre noggrannhet än vanliga termometrar och man kan inte vara helt säker på vad eller var de egentligen mäter. Mätresultatet störs t ex av fuktiga ytor. Resultatet blir också missvisande om man mäter mot metallytor.



Figur ?? Exempel på en enkel, beröringsfri IR-termometer

Luftfuktighet

Det säkraste sättet att mäta luftfuktighet, är att använda en psykrometer. Man registrerar då luftens torra och våta temperatur. Med hjälp av dessa två parametrar kan man beräkna luftens relativa fuktighet. Normalt får följer det med en färdig beräkningstabell med instrumentet. Eftersom metoden baseras på grundläggande fysikaliska samband så blir mätresultatet mycket tillförlitligt.



Figur ?? Slungpsykrometer som mäter torr och "våt" temperatur. Dessa två värden ger den relativa luftfuktigheten med god noggrannhet.

Det finns också elektroniska luftfuktighetsmätare. Kvaliteten varierar mycket mellan olika instrument och givare. Särskilt i stallmiljöer med fukt och ammoniak, förändras givarens egenskaper relativt snabbt och instrumentet behöver kalibreras ofta.



Figur ?? Exempel på elektroniskt instrument för mätning av luftfuktighet och temperatur.

Lufthastighet

Billiga lufthastighetsmätare använder ofta en propeller vars rotationshastighet används för att mäta luftströmmens hastighet. En sådan propeller behöver en viss minsta hastighet för att sättas i rörelse. Denna lägsta mätbara hastighet är ofta i storleksordningen 0,5 m/s, vilket är för högt för att mäta drag i djurmiljöer. Den är dock fullt tillräcklig för mätning i frånluftstrummor och kanaler. Man måste också vara observant på att funktionen hos en propelleranemometer påverkas av vinkeln mellan luftströmmen och propellern

En annan typ av instrument kallas termoanemometer. En sådan kan användas för att mäta mycket låga lufthastigheter. Termoanemometern är oftast ett betydligt dyrare alternativ.



Figur ?? Exempel på termoanemometer. Den minimala känselkroppen sitter i änden på staven.

Luftrörelser

Luftrörelser kan observeras med hjälp av rök. För att få ett rättvisande resultat skall röken ha samma densitet och temperatur som luften.

Rökmaskiner (typ diskotek) ger mycket rök, men röken är tung, varför den ”rinner” längs golvet och riskerar att ge vilseledande resultat.



Rökflaskor med titantetraklorid. I kontakt med luftensfuktighet omvandlas till titantetrakloriden till saltsyra och titandioxid. Saltsyran absorberar ytterligare fukt från luften, varvid en dimma bildas. Titandioxiden bidrar till att röken blir vit och ogenomtränglig. Endast små mängder bör användas eftersom saltsyran är extremt korrosiv och frätande.



Rökpatroner. Patronerna antänds och avger en rök som har samma densitet som vanlig luft. Det finns olika stora patroner beroende på hur mycket rök man vill ha eller hur länge man vill att patronen brinner. Rökpatroner passar bäst för att kartlägga luftrörelser i kulvertar och utgödslingsskanaler.

Gaser

Gaskoncentrationer i luft mäts ofta med reagensrör i kombination med en pump som suger en given mängd luft genom röret per pumpsdrag. Rörets innehåll färgas när det kommer i kontakt med en specifik gas. Infärgningen börjar närmast inloppet och den färgade sträckan blir längre ju högre gaskoncentrationen är. Reagensrören är specifika för olika gaser, t.ex. ammoniak, koldioxid och svavelväte. De finns också med olika gradering. För stallmiljöundersökningar passar det bäst med rör som

är graderade i ppm och sam har tillräcklig känslighet för att man skall kunna avläsa koncentrationer i närheten av gränsvärdena för djurmiljö.



Figur ?? Exempel på utrustning för mätning av gaskoncentrationer i luft - handpump och reagensrör.

För koldioxid finns bra elektroniska mätare. De bygger på det faktum att infrarött ljus absorberas av koldioxid. Långtidshållbarheten för fast monterade givare i stallmiljö är tveksam.



Figur ?? Exempel på handhållet instrument för mätning av koldioxidhalten i luft.

Det finns också handhållna elektroniska instrument för andra gaser. De använder elektrokemiska sensorer med begränsad livslängd.

Buller

Det finns enkla bullermätare att köpa till rimliga priser. Skillnaden mellan de billigare mätarna och de professionella instrumenten är precisionen i hur de väger samman effekten av olika frekvenser samt spårbarheten på kalibreringen. De billigare mätarna är tillräckligt tillförlitliga för att värdera buller i djurmiljöer.



Figur ?? Exempel på enkel ljudnivåmätare.

Buller mäts i enheten dBA. Det är en mätskala som är anpassad för hur starkt det mänskliga örat reagerar på olika frekvenser och ljudtrycksnivåer.

Damm

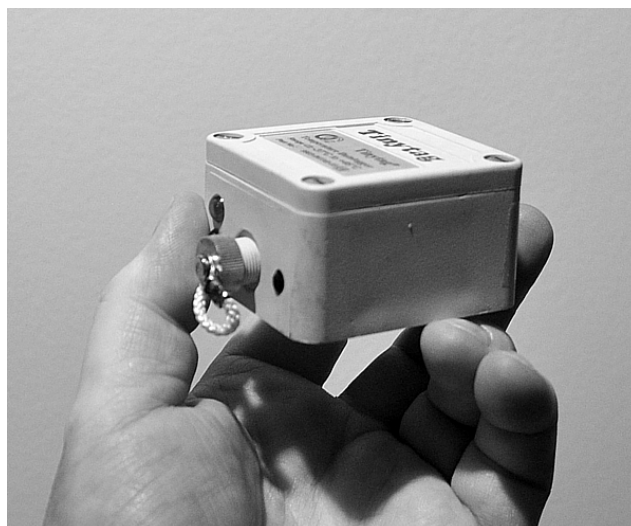
Det finns två typer av instrument för mätning av damm. Den ena typen suger luft genom ett filter eller liknande. Efter mätningens avslutande så vägs dammet. Eftersom dammets skadlighet är kopplad till dammpartiklarnas storlek (små partiklar tränger djupare ner i lungorna) så är det svårt att värdera resultatet av en mätmetod som bara talar om hur mycket totaldamm som finns i luften. För mätning av totaldamm finns det fältmässig utrustning, men den är inte så lätt att använda och man behöver hjälp av ett laboratorium och specialutbildad personal för att analysera proverna.

Den andra typen av mätmetoder räknar istället antalet partiklar. De finns till och med utrustning som mäter både antal partiklar och deras storlek. Denna typ av utrustning är dyrbar och används huvudsakligen av forskare och specialiserade konsultfirmor.

Klimatlogger

Nu för tiden finns det billiga klimatloggrar, fullt användbara för att registrera klimatet i ett stall under en längre tidsperiod. Detta är ett mycket viktigt hjälpmedel, eftersom informationen från en längre mätserie vida överstiger nyttan av ett enstaka mätvärde.

Loggrarna ser ut som en liten dosa eller cylinder, sällan större än en normal tändsticksask. De är försedda med batterier som måste bytas efter 6-12 månaders användning. Loggern programmeras, startas och töms med hjälp av en dator. Den är oftast så liten och lätt att den kan skickas i ett vanligt brev. Loggrar kan köpas från de firmor som säljer klimatmätningssinstrument. De finns också i sortimentet hos en del postorderfirmor som säljer elektronisk utrustning.



Figur ?? Exempel på två olika typer av miniloggrar.

Funktionskrav

Loggern måste tåla stallmiljöer med damm och fukt. Detta krav är svårt att uppfylla om man vill mäta luftfuktighet eftersom givaren måste vara i direkt kontakt med stalluften. Ibland kan man hjälpligt skydda loggern genom att trä över en skyddande hätta (plastburk som är öppen nedåt). En fuktgivare kan skyddas mot damm genom att man tejpas delar av ett partikelfilter (andningsskydd) över sensorn. Materialet i andningsmasken är dammtätt men fördröjer tyvärr också sensorns reaktion vid förändringar i stallluftens fuktighet. Dessa åtgärder förlänger livslängden, men så småningom kommer sensorn att förstöras av korrosiva gaser och av att riktigt fint damm tränger igenom filtermaterialet.

Loggern bör ha ett inställbart loggintervall. Om man vill kunna se hur snabbt och stabilt reglercentralen reagerar på olika störningar inne i stallet, bör loggintervallet vara 1-5 minuter. Om det framför allt är samspelet mellan utomhus- och inomhusklimat som är i fokus, måste ett 5-20 minuters mätintervall väljas. Frågeställningen kan t ex gälla huruvida ventilationskapaciteten är tillräcklig eller vid vilken utomhustemperatur tilläggsvärme behöver tillföras.

Loggern skall ha tillräckligt med minne för att kunna sitta ute i stallet utan tillsyn i minst 2 veckor. Om loggern sparar en temperaturmätning var 5:e minut så blir det ca 4000 värden på 14 dagar. Om man mäter både temperatur och fuktighet genereras dubbelt så många värden.

Loggern måste vara enkel att ansluta till en dator när man skall tömma den på data. Moderna datorer har sällan någon serieport, men nästan alla har USB-portar. Om man köper udda loggrar från små leverantörer kan man ibland få problem med att hitta uppdaterade drivrutiner för de senaste versionerna av Windows. Drivrutiner för Mac eller Linux kan vara ännu svårare att få tag i.

Var uppmärksam på att det inte krävs ett speciellt datorprogram för att tömma loggern. De flesta tillverkare skickar med ett enkelt gratisprogram och har kanske ett mer avancerat att sälja. Det är viktigt att det finns möjlighet att spara data i ett format som MS Excel kan läsa in. I annat fall är man hänvisad till de diagram som tillverkarens program kan åstadkomma.

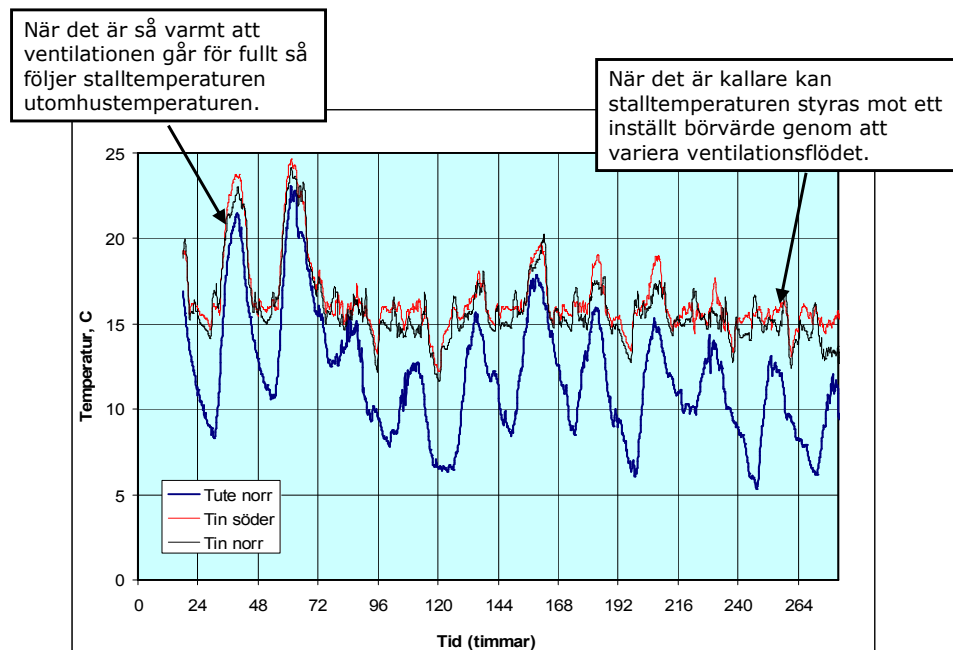
Skillnaden mellan billiga och dyrare loggrar är främst hållbarheten. Vissa skillnader i mätnoggrannhet förekommer också.

Utvärdering

När man skall utvärdera de klimatdata som loggern samlat in, får man den bästa översikten genom att visa data som en kurva i ett diagram. Först bör man plotta sina mätvärden i tidsföljd. Det ger snabbt en bra överblick och man kan se om resultaten är rimliga eller om loggern kanske inte fungerat som det var tänkt. Vanliga fel är att batteriet tagit slut eller att mätningen inte startat eller avslutats vid rätt tidpunkt.

Genom att lägga in både utomhus- och inomhustemperatur i samma diagram kan man se hur bra klimatregleringen fungerat. När utomhustemperaturen närmar sig inställd önskad temperatur i stallet, kommer reglercentralen att köra ventilationen för fullt. Om utomhustemperaturen stiger ytterligare, klarar ventilationssystemet inte av att hålla önskad temperatur - stalltemperaturen tvingas börja följa utomhustemperaturens svängningar. Diagrammet nedan kommer från ett stall med styrd naturlig ventilation och visar såväl perioder då reglercentralen **kan** kontrollera stalltemperaturen genom att styra luftomsättningen, som perioder när ventilationen är helt öppen och stalltemperaturen tvingas följa utomhustemperaturen.

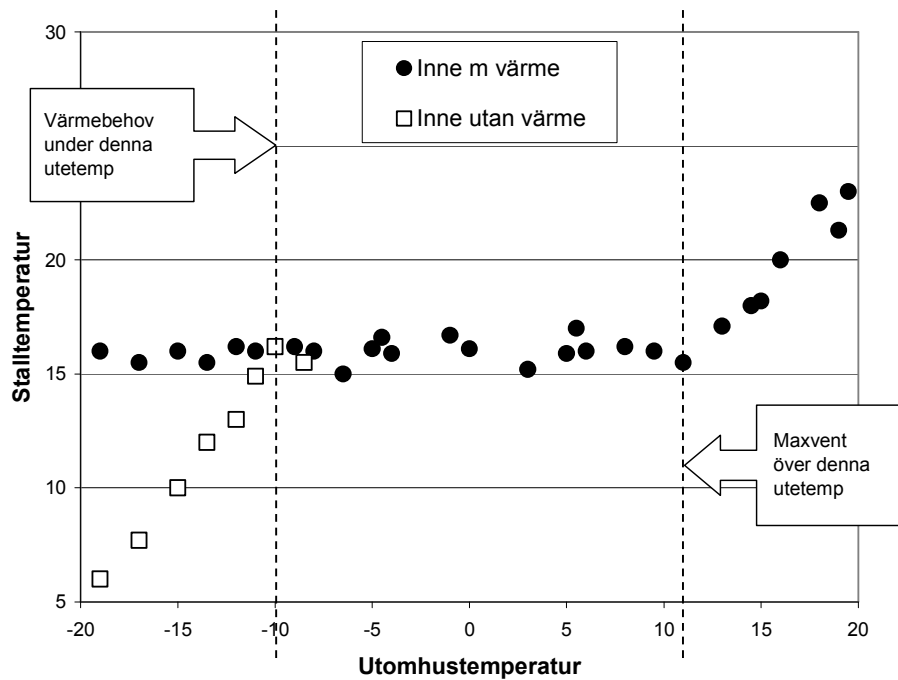
När utomhustemperaturen sjunker, minskar regelsystemet luftomsättningen för att spara värme, men när man kommit ner till den minventilationskapacitet som behövs med hänsyn till luftkvaliteten, så kan inte stalltemperaturen längre regleras med hjälp av ventilationen. Sjunker utomhustemperaturen ytterligare, måste extra värme tillföras för att stalltemperaturen inte skall sjunka under inställd minimitemperatur. Saknas tillskottsvärme, kommer stalltemperaturen istället att sjunka i takt med utomhustemperaturen.



Figur ?? Exempel på diagram med data från tre miniloggrar i ett stall med styrd naturlig ventilation. Tute = utomhustemperatur och Tin = inomhustemperatur (två loggrar på olika ställen i stallen).

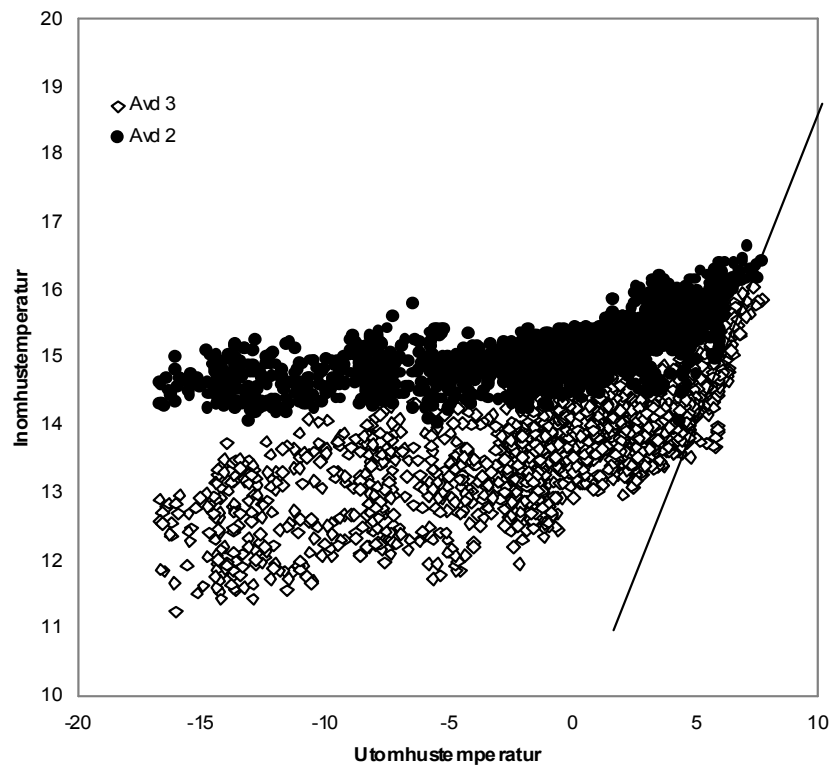
För att lättare se hur klimatregleringen fungerar kan man göra ett **reglerdiagram**. Även om man mätt med flera loggrar så mäter de ungefär samtidigt (någon minuts skillnad). Det betyder att man vid varje mättillfälle har en utomhustemperatur och en inomhustemperatur. Om man gör ett diagram där varje datapunkts x-koordinat är utomhustemperaturen och y-koordinaten är inomhustemperaturen, får man ett reglerdiagram som i princip skall se ut som i figuren nedan. I figuren har bara några datapunkter lagts in för att de skall bli tydligare. I ett intervall av utomhustemperaturer kan reglercentralen variera luftomsättningen för att styra inomhustemperaturen. Inom detta område skall inomhustemperaturen vara ganska konstant. Har man p-bandsreglering kommer man att se en svag temperaturstegring från minventilationsläge till maxventilation. Har man en integrerande reglering (PI eller PID) borde teoretiskt innetemperaturen vara konstant mellan min- och maxventilation, men i verkligheten påverkas resultatet av olika funktioner för komfortreglering eller utetemperaturkompensering så att man får ofta ett diagram som liknar det från stall med p-band.

Vad som händer när utomhustemperaturen understiger stallens värmebalanstemperatur (dvs under denna temperatur är stallens värmeförluster större än värmeavgivningen i stallet) bestäms av om det finns tilläggsvärme i stallen eller inte. Finns sådan, skall stalltemperaturen fortsatt hålla sig på inställd temperatur. Saknas tillskottsvärme, kommer stalltemperaturen att sjunka i takt med utomhustemperaturen.



Figur ?? Principexempel på reglerdiagram som visar sambandet mellan utomhustemperatur och inomhustemperatur i ett stall med eller utan tilläggsvärme.

Vid verkliga mätningar har man många fler datapunkter och då kan reglerdiagrammet se ut som i nästa exempel. Detta diagram innehåller data från två stallavdelningar. Önskad lägsta temperatur är inställd på ca 14,5 grader i avdelning 2 och ca 13 grader i avdelning 3. Det sneda strecket visar hur stalltemperaturen följer utomhustemperaturen uppåt när ventilationen går på max. Båda stallavdelningarna har reglercentraler med p-bandsreglering vilket syns genom att det finns en tendens till temperaturstegring inom reglerområdet från minvent till maxvent. Reglercentralen i avdelning 2 verkar fungera bra med små avvikelser från önskad temperatur. Däremot visar diagrammet för avdelning 3 alldeles för stora temperaturvariationer.



Figur ?? Reglerdiagram med data från två olika stallavdelningar. De flesta mätvärdena från det utomhustemperaturintervall där reglecentralen kan styra stalltemperaturen.