



Termisk komfort

© Anders Ehrlemark 2017

Vad är termisk komfort ?

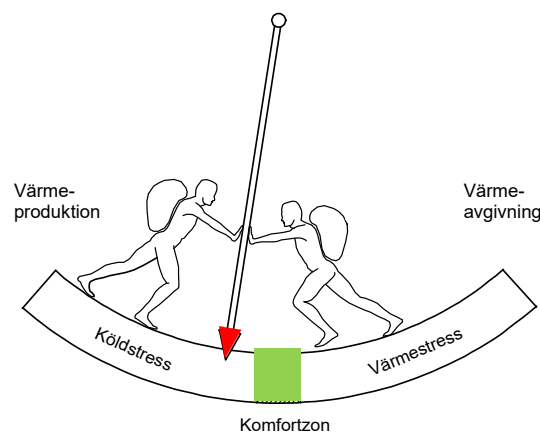
För att hålla rätt kroppstemperatur kan kroppen både reglera sin värmeproduktion och värmeförlusterna till omgivningen.

Jämn kroppstemperatur (däggdjur) förutsätter värmebalans d.v.s. värmeförluster = värmeproduktion.

Kroppen upplever klimatet som komfortabelt när den varken behövs extra värmeproduktion för att hålla värmen eller den måste anstränga sig genom att svetta/flåsa för uppnå avkyllning.

© Anders Ehrlemark 2017

Termisk komfort



© Anders Ehrlemark 2017

Så klarar kroppen varmt klimat

1. Beteende - välja kroppsställning och söka upp den svalaste platsen.
2. Öka blodflödet genom huden.
3. Öka avdunstning från hud (svettning) och lungor (flämtning).
4. Minskat näringsintag sänker kroppens värmeproduktion.

© Anders Ehrlemark 2017

Så klarar kroppen kallt klimat



1. Beteende - välja kroppsställning och söka upp den varmaste platsen.
2. Minska blodflödet genom huden och öka pälsens isolerförmåga.
3. Öka kroppens värmeproduktion - kräver foder/minskar produktionen

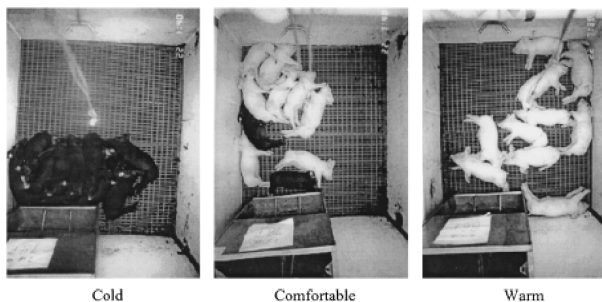
© Anders Ehrlemark 2017

Lufttemperaturen säger bara en del om hur varmt eller kallt det är.

Andra viktiga faktorer är lufthastighet och typ av liggunderlag.

Använd inte din egen mänskliga upplevelse som mått på hur miljön upplevs av ett djur.

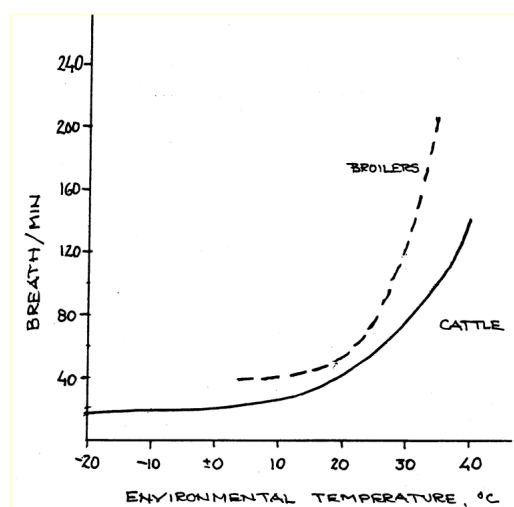
Djurens beteende och kroppsreaktioner är den säkraste "temperaturmätaren".



H. Xin, "Assessing Swine Thermal Comfort by Image Analysis of Postural Behaviors" J. Anim. Sci. Vol. 77, Suppl. 2/2. Dairy Sci. Vol. 82, Suppl. 2/1999

© Anders Ehrlemark 2017

Andningsfrekvens som indikator på värmestress



Efter K. Sällvik

© Anders Ehrlemark 2017

För varmt

När det blir för varmt minskar tillväxt och mjölkproduktion eftersom aptiten minskar.

När det blir det svalt igen kan den förlorade tillväxten delvis tas igen genom "kompensatorisk" tillväxt.

För kallt

Energi från fodret används för att hålla kroppsvärmen.

Antingen minskar tillväxt/produktion eller så behövs extra fodertilldelning.

© Anders Ehrlemark 2017

Luftkvalité

© Anders Ehrlemark 2017

Fakta om luftfuktighet

Vattenånga är en osynlig gas som blandar sig med de andra gaserna i luften.

Det som vi till vardags kallar **ånga** är moln av små vattendroppar som svävar fritt i luften.

Det finns olika sätt att ange hur fuktig luften:

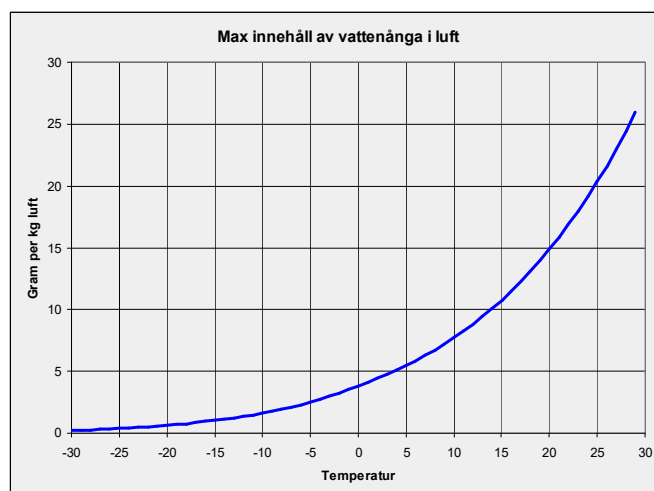
Absolut luftfuktighet – gram vattenånga per kg luft. Används när man t.ex. räknar på ventilation eller avfuktning.

Relativ luftfuktighet – förhållandet mellan mängden vattenånga (g/kg luft) i luften och maximal absolut luftfuktighet vid aktuell temperatur. Anges som % relativ fuktighet. Talar om hur fort tvätten torkar eller om det finns risk för mögeltillväxt.

Daggpunkt – den temperatur då vattenångan i luften skulle börja kondensera pga den relativa luftfuktigheten annars skulle bli över 100%. Används t.ex. i växthus för att visa risken för kondens på tomaterna.

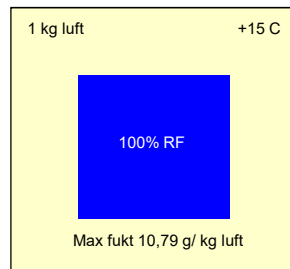
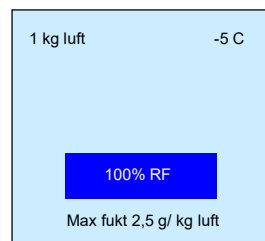
© Anders Ehrlemark 2017

Den maximala mängden vattenånga beror på temperaturen



© Anders Ehrlemark 2017

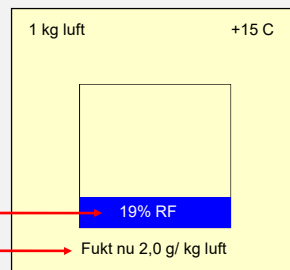
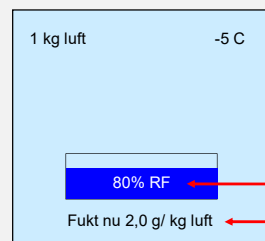
Absolut luftfuktighet, relativ luftfuktighet och temperatur



Absolut luftfuktighet

g vattenånga/kg luft

Påverkas inte av temperatur



Relativ luftfuktighet

gram vattenånga i förhållande till max

Anges i % RF

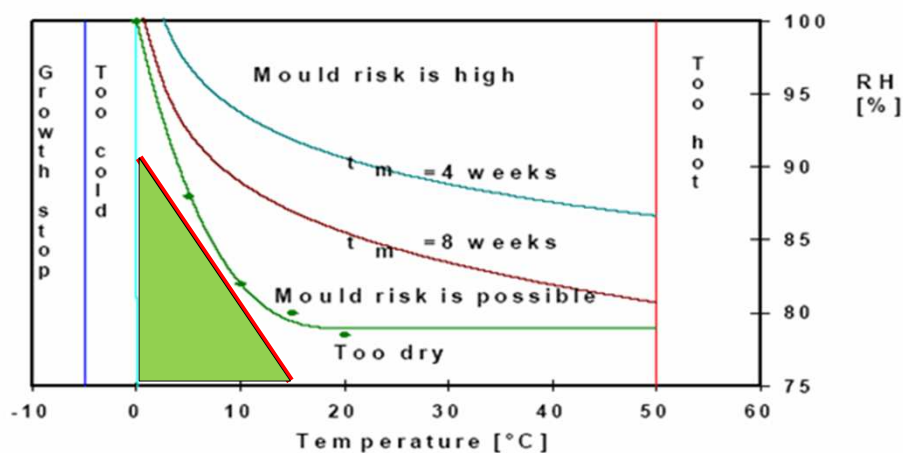
Påverkas av temperatur

Relativ

Absolut

© Anders Ehrlemark 2017

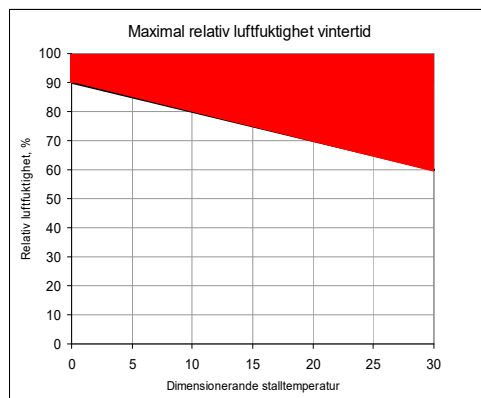
Fukt och mögel



Temperaturer och fuktighetsgränser för mikrobiell tillväxt. (Viitanen, 2004).

Högsta relativa luftfuktighet

Hur skadligt det är med hög luftfuktighet beror på lufttemperaturen. Ju kallare desto högre relativa fuktighet kan det vara utan problem med mögeltillväxt. 90-regeln är en erfarenhetsbaserad tumregel. **Numeriska summan av relativ fuktighet och temperatur får inte överskrida talet 90.**



© Anders Ehrlemark 2017

Skadliga gaser

Ammoniak - retande gas med skarp lukt som bildas av urin och gödsel. Lätt att upptäcka och mäta, men inte särskilt skadlig i sig själv. Förekommer alltid tillsammans med andra skadligare gödselgaser.

Koldioxid - osynlig och luktlös gas som finns i utandningsluften. Om koldioxidhalten är för hög visar det att luftomsättningen är för dålig och att det finns för lite syre i luften.

Svavelväte - extremt giftig gas som bildas i stillaliggande flytgödsel. Kan frigörs snabbt i stora mängder. Små mängder luktar ruttna ägg, stora mängder bedövar luktsinnet. Både akut och kroniskt giftigt. Orsakar dödsfall. En till två andetag av gasbemängd luft (600 ppm) kan orsaka medvetslöshet.

© Anders Ehrlemark 2017

Svavelväte

Giftverkan liknar kolmonoxid och cyanväte. Påverkar centrala nervsystemet.

Finns naturligt i kroppen i mycket små mängder. Större mängd blockerar cellandning.

Långtidsexponering för låga koncentrationer medför ögonirritation, sveda i halsen, hosta, illamående, andfåddhet och vätska i lungorna.

Exponering för höga halter leder till omedelbar medvetslöshet, andningsstopp och stor risk för dödsfall.

Effekten av olika halter av svavelväte

0.1 ppm	Man kan känna igen lukten av ruttna ägg
0.5 ppm	Gränsvärde för svavelväte enl L100
3-5 ppm	Påverkar andningsfrekvens hos nötkreatur
10 ppm	Hygieniskt gränsvärde för människor (medelvärde 8 tim)
15 ppm	Takgränsvärde (15 min) som ej får överskridas i arbetsmiljön
10-20 ppm	Ögonirritation
50-100 ppm	Ögonskador, illamående, andfåddhet, yrsel
100-150 ppm	Luktsinne förlamas och man kan inte längre känna lukten
320-530 ppm	Lungödem som kan bli dödligt
800 ppm	5 min exponering dödligt
1000 ppm	Ett andetag leder till omedelbar medvetslöshet och död

Förekomst av H_2S

Det bildas alltid svavelväte och det finns därför alltid svavelväte i flytgödsel.

Om gödsel ligger stilla avges normalt mycket små mängder gas.

Om gödseln pumpas, spolats eller forsar fram går det inte att undvika skadliga eller farliga mängder gas frigörs.

Ju lösare gödsel desto kraftigare gasavgång.

Omrörning och tömning ger lokalt oftast hälsovådliga halter svavelväte och ibland livsfarliga.

Lågevakivering

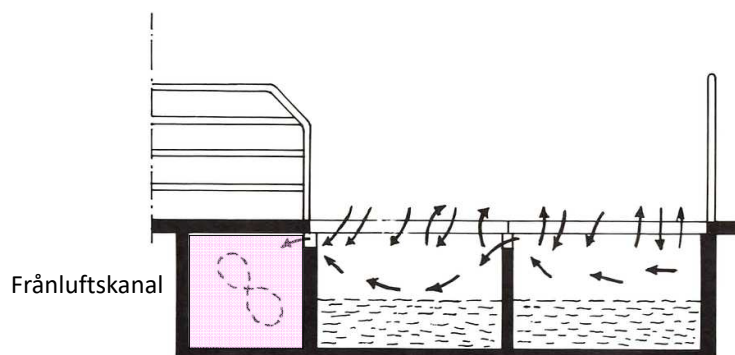
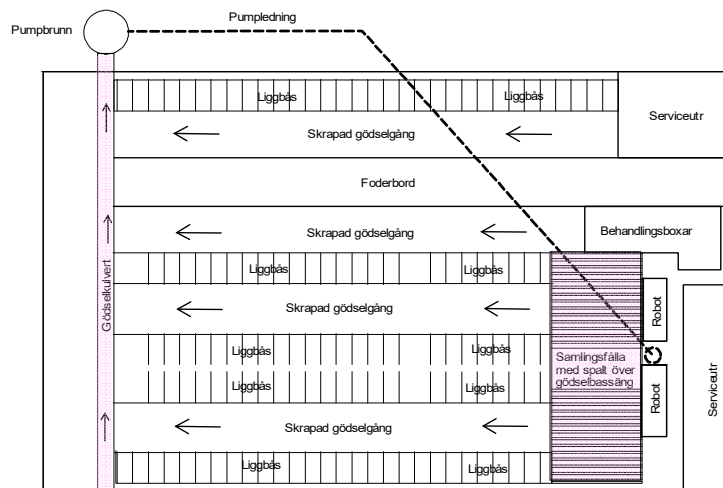


Fig. 17. Luft rörelserna närmast gödselytan är ofta helt andra än de i spalterna.

Försöken har visat att lågevakivering minskar mängden gödselgas i stalluften, men effekten är ojämnt fördelad över spaltgolvsytan.

Ju större luftflöde desto mindre gödselgaser i stalluften, men desto större emissioner till omgivningen

Gödselbassäng under samlingsfålla kan bli svavelvätefälla



Damm

Det mesta av dammet i ett stall kommer normalt från djuren själva.

Organiskt damm förekommer sällan i så stora koncentrationer att dammet i sig är skadligt.

Dammet innehåller retande ämnen som kan orsaka inflammatoriska reaktioner i lungorna och ge allmänna allergiska symptom.

Dammet fungerar som bärare för infektiösa ämnen så att smittor lättare kan spridas i stallet.



Det är skillnad på humanventilation och djurventilation



Klimatisering djurstall

Lägst temperatur inne typiskt +8-16°C

Hög värmeavgivning från djuren kräver kylning med sval uteluft.

Tillskottsvärme behövs oftast bara om det är kallare än -5 till -10°C

Hög fuktavgivning kräver rätt minimiventilation.

Typiskt reglerbart flöde från 15 upp till 100 m³/h per m² golvyta vid maxventilation.

Termisk komfort genom reglering av luftflödet

Klimatisering bostäder

Önskad temperatur inne typiskt +20°C

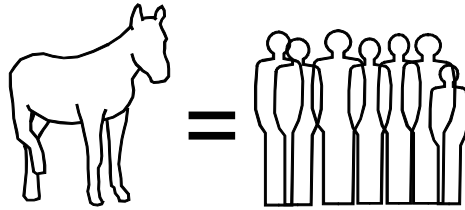
Låg värmeavgivning från människor kräver tillskottsvärme under större delen av året för termisk komfort.

Liten fuktavgivning – relativt litet ventilationsbehov för luftkvalité.

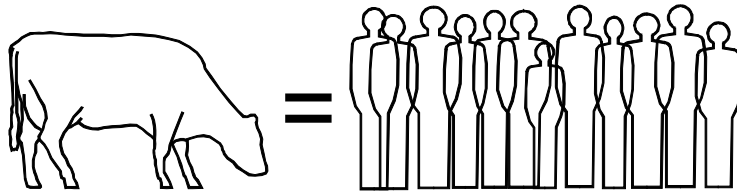
Typiskt fast flöde 1,25 m³/h per m² golvyta

Termisk komfort genom reglering av värmetillförsel

Stor skillnad på ventilationsbehov för djur och människor



Ur ventilationssynpunkt motsvarar en häst 6-8 människor



Ur ventilationssynpunkt motsvarar en mjölkkor 10-15 människor

© Anders Ehrlemark 2017

Två olika typer av stallar

Alla stallbyggnader måste uppfylla djurskyddskraven på termisk komfort och luftkvalité.

Det finns dock två helt olika principer för hur detta kan ske:

- **klimatreglerat stall** (reglerad ventilation, isolerat, varmt)
- **väderskyddande stall** (fri luftväxling, öppet, oisolerat)

För respektive system så är funktionskraven för ventilationen olika.

Om man blandar ihop dessa två principer så går det inte att skapa ett bra miljö för djuren

© Anders Ehrlemark 2017

Klimatreglerat stall

Reglerbart ventilationsflöde

Sluten (kalla årstiden)

Fläktventilation eller naturlig ventilation

Värmeisolerad

Tilläggsvärme vid behov



Termisk komfort genom att stalltemperaturen regleras

Luftkvalitén säkerställs genom att ventilationsflödet aldrig får bli mindre än dimensionerande minventilationsflöde

På vintern stänger man till eller minskar ventilationsflödet för att hålla varmt.

När det blir varmt ute ökar man ventilationen för att svalka djuren

© Anders Ehrlemark 2017

Väderskyddande stall

Enkel byggnad som skyddar mot sol, nederbörd och vind

Alltid öppet med fri luftväxling

Inomhustemperatur följer utomhustemperatur

Vindventilation med öppningar i minst två motstående väggar

Kondensisolerat tak rekommenderas



Termisk komfort genom att djuren själva kan välja liggplats och kroppsställning beroende på väderförhållandena (lösdrift)

Luftkvalitén säkerställs av stor luftväxling genom stora väggöppningar som aldrig får stängas.

© Anders Ehrlemark 2017

Ventilationsbehov enligt Svensk standard

SS 95 10 00 Ventilationsbehov – exempel nötkreatur

Djurkategori/box	Klimatreglerat stall							Väder- skyd- dande stall $t_{\text{dim}} = 5^{\circ}\text{C}$	
	Vinter						Sommar $t_{\text{is}} = 25^{\circ}\text{C}$		
	t_{iv}	q_{min}					P_{fri}		q_{max}
°C	A m^3/h	B m^3/h	C m^3/h	D m^3/h	E m^3/h	W	m^3/h	m^3/h	
Kalvar och rekryteringsdjur									
Kalv 60 kg	10	15	13	13	13	12	120	60	115
Kalv 90 kg	10	21	20	19	18	18	175	85	170
Kalv 150 kg	10	30	27	26	26	25	245	120	235
Ungdjur 250 kg	10	41	38	36	36	35	340	165	330
Ungdjur 400 kg	10	47	43	40	40	39	385	185	370
Högräktig kviga 600 kg	10	75	70	65	65	62	610	295	590
Mjölkkor									
Dräktig sinko 650 kg	10	60	55	55	55	50	500	245	490
Mjölkkande ko 9000 kg mj /år	10	145	130	130	125	120	850	410	1185
Mjölkkande ko 10500 kg mj /år	10	165	150	145	145	140	875	425	1375
Mjölkkande ko 12000 kg mj /år	10	190	170	165	160	155	905	440	1555

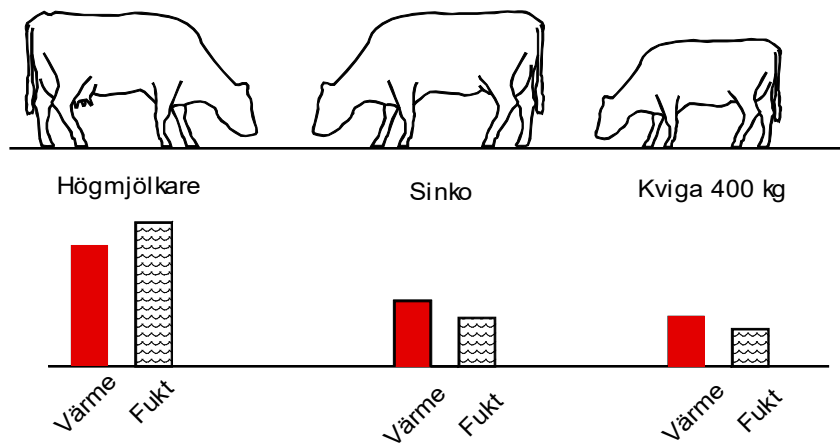
© Anders Ehrlemark 2017

SS 95 10 00 Ventilationsbehov – exempel häst

Djurkategori/box		Klimatreglerat stall								Väder- skyd- dande stall	
		Vinter						Sommar $t_{is} = 25^{\circ}\text{C}$			
		t_{iv}	q_{min}						P_{fri}	q_{max}	q_{dim}
		$^{\circ}\text{C}$	A m^3/h	B m^3/h	C m^3/h	D m^3/h	E m^3/h		W	m^3/h	m^3/h
Ridhäst eller avelshäst	200 kg	10	27	27	27	27	27	345	165	215	
	300 kg	10	37	37	37	37	37	470	220	290	
	400 kg	10	46	46	46	46	46	580	275	360	
	500 kg	10	54	54	54	54	54	690	325	425	
	600 kg	10	62	62	62	62	62	790	370	485	
	700 kg	10	70	70	70	70	70	885	415	545	
Tävlingshäst eller arbetshäst	200 kg	10	33	33	33	33	33	415	195	215	
	300 kg	10	44	44	44	44	44	565	265	290	
	400 kg	10	55	55	55	55	55	700	325	360	
	500 kg	10	65	65	65	65	65	825	390	425	
	600 kg	10	75	75	75	75	75	950	445	485	
	700 kg	10	84	84	84	84	84	1065	495	545	

© Anders Ehrlemark 2017

Stor skillnad i förhållandet mellan värme- och fuktavgivning



© Anders Ehrlemark 2017

Kontroll av ventilationsanläggningar i
klimatreglerat stall

Kontrollpunkter ventilation i klimatreglerat stall 1

Dokumentera uteklimat och beläggning vid besöket

Aktuell utetemperatur, vindriktning, vindhastighet, solighet. Djurbeläggning. Öppna dörrar.

Ventilationssystemets komponenter

Tilluft/Luftintag - Var kommer luften in ?

Frånluft – var går luften ut. Se upp för rundgång.

Styrning – hur kan man reglera ventilationsflödet beroende på tilluftstemperatur och svalkning.

Tillskottsvärme – i stallar med fuktproblem behöver man tillskottsvärme under den kallaste och fuktigaste perioden.

Luftfördelning

Frisk tilluft måste nå fram till alla djur.

Zoner med dålig luftomsättning kan upptäckas genom mätning av koldioxidhalt.

Luftförelserna kan också kontrolleras med hjälp av rök.

© Anders Ehrlemark 2017

Kontrollpunkter ventilation i klimatreglerat stall 2

Termisk komfort

I ett stall avger djuren mycket värme. För att svalka djuren används uteluft. Om ventilationskapaciteten är för liten blir det för varmt i stallet.

Kontrollera om fläktar eller ventilationsöppningar har tillräcklig kapacitet

Luftkvalitet – luftfuktighet

I ett stall avger djuren mycket fukt. Fukten transporteras bort med ventilationsluften. Om ventilationskapaciteten den kalla årstiden är för liten blir det fuktigt i stallet.

Mät luftfuktigheten och värdera med "90-regeln". Titta efter mögel och kondensspår.

Luftkvalitet – koldioxid

I ett stall avger djuren koldioxid och andra gaser. Gaserna transporteras bort med ventilationsluften. Om ventilationskapaciteten är för låg blir koldioxidhalten för hög.

Mät koldioxidhalten i luften (i häststall på morgonen innan hästarna släpps ut)

© Anders Ehrlemark 2017

Kontrollpunkter ventilation i klimatreglerat stall 3

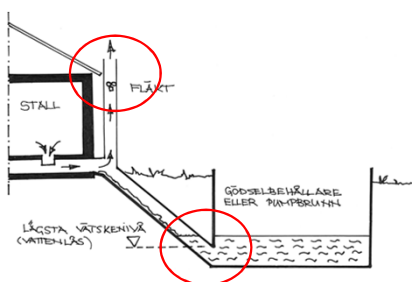
Luftkvalité - gödselgaser

Ammoniak bildas vid nedbrytning av urin, gödsel och vissa foderrester.

Stark lukt och retar slemhinnor. Inte jättedanger i sig, men lätt att mäta och indikator på problem.

Ökad ventilation har liten effekt. Satsa på att stoppa gasuppslag, minska luftfuktighet och ta bort det material där det bildas.

Andra gödselgaser är farligare, men är svårare att mäta. Kontrollera gasuppslag från spalt och urindränning samt gödselgasventilation med hjälp av rök.



© Anders Ehrlemark 2017

Mätning eller uppskattning av ventilationskapacitet

Ventilationsflödet genom en öppning kan beräknas med följande formel

$$\text{Ventilationskapacitet (m}^3/\text{h)} = \text{Lufthastighet (m/s)} \times \text{area (m}^2) \times 3600$$

Antingen kan man mäta verklig lufthastighet eller göra en rimlighetskontroll genom att använda en antagen hastighet.

Maximala lufthastigheter är typiskt:

Luftintag självdrag	0,25 – 1 m/s
Luftintag fläktventilation	1 – 3 m/s
Frånluftstrumma/öppning naturlig ventilation	0,5 – 3 m/s
Frånluftstrumma med fläkt	6 – 10 m/s

© Anders Ehrlemark 2017

Funktionskrav termisk komfort i klimatreglerat stall

För att kunna uppfylla kravet på termisk komfort i ett slutet klimatreglerat stall måste:

1. Ventilationens kapacitet vara tillräcklig
2. Ventilationens kapacitet vara reglerbar eftersom behovet varierar med utomhustemperatur och beläggning.

Kravet på termisk komfort kan också kontrolleras genom att mäta lufttemperaturen i stallet:

Vintertid skall stalltemperatur ej vara under djurens komforttemperatur

Sommartid bör det inte vara mer än ca 4 graders tempskillnad mellan ute och inne när ventilationen går med maximal kapacitet.

© Anders Ehrlemark 2017

Värmetillförsel från värmelampor och golvvärme

När det gäller energi som tillförs med **värmelampor och strålningsvärmare:**

Vintertid 75% av effekt värmer stalluften.

Sommartid 50% värmer stalluften.

När det gäller **golvvärme:**

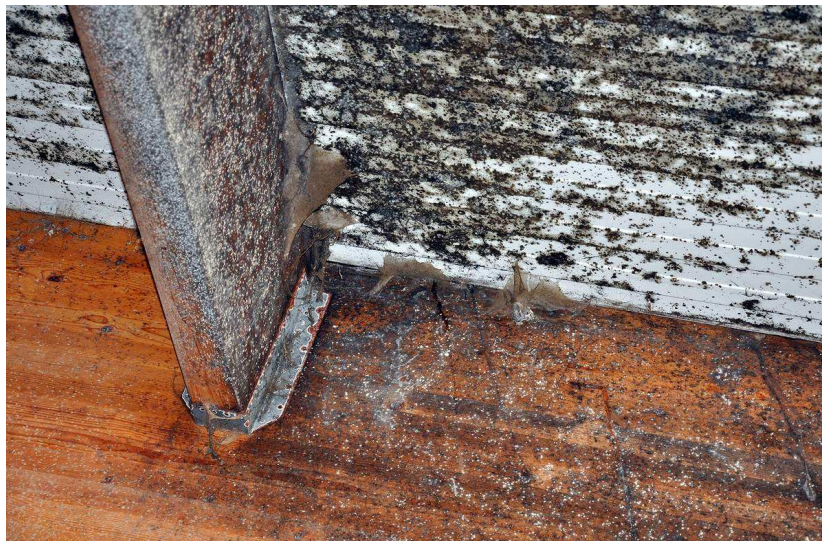
Utan ströbädd så kommer 50% av tillförd värme att nå stalluften.

Om golvet är täckt med en ströbädd kommer ingen värme upp till stalluften. Däremot inga värmeförluster från stalluften till marken.



© Anders Ehrlemark 2017

Hög luftfuktighet



Effekten av för liten minventilation i 6 år gammal lösdrift

© Anders Ehrlemark 2017

Hög luftfuktighet



Fuktskador och mögel orsakat av obefintlig ventilation

© Anders Ehrlemark 2017

Gödselgasventilation

Gödselgasskyddet kan kontrolleras med hjälp av rök



För att visa luftrörelser kan man använda rök. Här ser man hur kall luft tränger in i stallet genom en gödselkulvert utan vattenlås.

Luften för med sig gödselgaser och stiger sedan upp ur spaltgolvet bland djuren.

© Anders Ehrlemark 2017

Kontroll av gödselgasventilation

I stallar med flytgödsel kontrollerar man också att det finns vattenlås OCH gödselgasfläkt.



© Anders Ehrlemark 2017

Exempel på brister

Gödselgasventilation saknas.



Gödselgasventilation med fläkt som fungerar ibland, ibland inte.



© Anders Ehrlemark 2017

Kontroll av ventilation i väderskyddande stall

Kontrollpunkter ventilation i väderskyddande stall

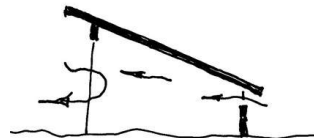
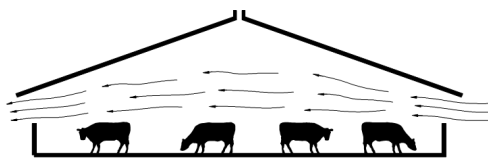
Dokumentera uteklimat och beläggning vid besöket

Aktuell utetemperatur, vindriktning, vindhastighet, solighet. Djurbeläggning. Öppna dörrar.

Tillräckligt stora och bra fördelade ventilationsöppningar

Eftersom luftväxlingen är beroende av vindpåverkan så bör det finnas ventilationsöppningar runt om hela stallet. Det är nödvändigt att minst båda långväggarna är försedda med ventilationsöppningar.

Väggöppningarna måste vara tillräckligt stor och liksom utrymmet ovanför djuren för att ventilationsluften skall kunna passera från en sida till den andra.

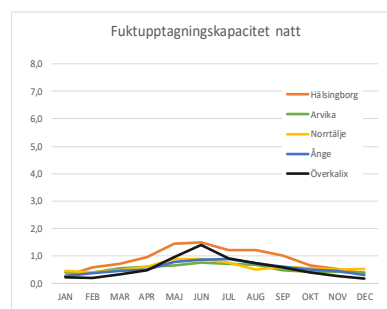
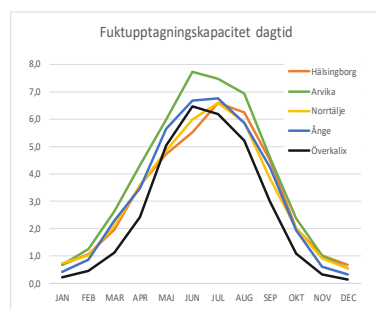


© Anders Ehrlemark 2017

Fuktventilation i väderskyddande stall

I ett väderskyddande stall kommer inomhustemperaturen att följa utomhustemperaturen. För att ventilera bort den fukt som avges inne i huset är man beroende av utomhusluftens förmåga att ta upp fukt. Detta varierar beroende på uteluftens temperatur och relativa luftfuktighet.

Förvånansvärt nog skiljer det inte så mycket mellan olika delar av Sverige.



© Anders Ehrlemark 2017

Uppskattning av om ventilationsöppningar är tillräckliga

Kontroll av ventilationsöppningarnas storlek i väderskyddande stall:

Mät upp och summera arean på alla ventilationsöppningar (man vet ej säkert vad som kommer att fungera som från- resp tilluft)

Beräkna ventilationskapaciteten med följande formel:

$$\text{Ventilationskapacitet (m}^3/\text{h)} = \text{Lufthastighet (m/s)} \times \text{area (m}^2) \times 3600 / 2$$

Jämfört med klimatreglerad byggnad så summerar man arean av **alla** öppning och dividerar istället resultatet med 2.

Jämför med beräknat ventilationsbehov enligt SS 951050:2014

Antingen kan man mäta verklig lufthastighet eller göra en rimlighetskontroll genom att sätta in en antagen hastighet.

Fri öppning max 1,5 m/s

Vindnät max 0,5 m/s

Vindskyddsväv, glespanel max 0,25 m/s

© Anders Ehrlemark 2017

Exempel på brister

Väderskyddande byggnad. Inga ordentliga ventilationsöppningar varje sig i långvägg ellernock. Oisolerat tak gör att man får extra kraftig kondensbildning



© Anders Ehrlemark 2017