

# Klimatförändringarnas effekter för stallmiljöer i lantbruket och därmed relaterade byggfrågor

## Uppdrag och bakgrund

Denna rapport utgör redovisning av ett uppdrag från Jordbruksverket om att utreda klimatförändringarnas effekter på stallbyggnader och stallmiljöer. Rapporten är en sammanställning av aktuella kunskaper och erfarenheter när det gäller stallar för nötkreatur, grisar och fjäderfä. Inom den givna tidsramen har det inte funnits möjlighet att göra någon systematisk genomgång av vetenskapliga rapporter inom området.

Den klimatutveckling som studerats bygger på ett PM från SMHI som sammanfattar hur man förväntar sig att klimatet skall utvecklas på kort och lång sikt med utgångspunkt från två olika scenarier RCP2,6 (låg) och RCP8,5 (hög).

För att få en uppfattning om vilket klimat som kan förväntas i olika delar har jag tittat på den nuvarande "klimatprofilen" för några orter i Sverige idag respektive hur man förväntar sig att förhållandena skall se ut om 75 år. Av praktiska skäl (begränsad tillgång på referensstatistik) har jag valt att använda årsmedeltemperatur, månadsmedeltemperatur i juli och januari samt årsmedelnederbörd som jämförelseparametrar. Dessa värden har använts för att söka efter orter i Europa som har motsvarande klimat idag. Genom att se på vilka problem man har och hur man bygger djurstallar idag på dessa platser kan man få en uppfattning om vilka åtgärder som kommer att behövas i Sverige i framtiden.

Det finns en uppenbar brist i detta angreppssätt och det är att den inte tar hänsyn till solinstrålningen. Även om luften blir varmare så kommer Sverige att ligga kvar på samma plats på jorden och därmed kommer dagslängd och solinstrålning vara oförändrade. I detta avseende blir en jämförelse med orter längre söderut i Europa missvisande. När det gäller inomhusklimatet i stallbyggnader så har dock solinstrålningen i de flesta fall mindre betydelse.

## SMHIs klimatscenarier

Aktuella klimatförhållanden baseras på referensperioden 1971-2000. Två olika scenarier till grund för denna utredning

Scenario låg: RCP2,6

Scenario hög: RCP8,5

Två olika tidsperspektiv

Kort : år 2011-2040

Lång: år 2071-2100

I det korta perspektivet är ombyggnader/kompletteringar det främsta anpassningsalternativet. I det långa perspektivet är nybyggnad det främsta alternativet.

Geografiska områden

Södra: Götaland och Södra Svealand

Norra: Norra Svealand och Norrland

## Klimatförändringar på kort sikt

Tabell 1. Förväntade klimatförändringar på kort sikt (fram till 2040) enligt översikt från SMHI. Tomma rutor indikerar att uppgift saknades i PM från SMHI.

Parameter	Scenario låg		Scenario hög	
	Södra	norra	södra	norra
Årsmedeltemperatur	0-1°	1-2°	1°	1-2°
Medeltemperatur vinter				3°
Medeltemperatur sommar	0-2°	0-2°	0-2°	0-2°
Nederbörd vinter	0-10%	0-10%	0-15%	0-15%
Nederbörd sommar	0%	0%	15%	15%
Högsta dygnsmedeltemperatur	1-2°	1-2°	1-2°	1-2°
Lägsta dygnsmedeltemperatur	2-4°	2-4°	2-4°	2-4°
Dygnnederbörd	0-20%	0-20%		10-30%

På kort sikt kommer årsmedeltemperaturen inte att förändras så mycket. Den största förändringen förväntas bli att vintrarna blir mildare särskilt i Norrland. Dessutom förväntas ökad nederbörden i många områden.

## Klimatförändringar på lång sikt enligt SMHI

Tabell 2. Förväntade klimatförändringar på lång sikt (2071-2100) enligt översikt från SMHI. Tomma rutor indikerar att specificerade uppgifter saknades i PM från SMHI.

Parameter	Scenario låg		Scenario hög	
	Södra Sverige	Norra Sverige	Södra Sverige	Norra Sverige
Årsmedeltemperatur	1°	1-2°	3-5°	5-7°
Medeltemperatur vinter	1-4°	1-4°	3-6°	5-10°
Medeltemperatur sommar	1-2°	1-2°	3-5°	3-5°
Nederbörd vinter	0-15%	0-15%	20-25%	25-35%
Nederbörd sommar			15-25%	25-35%
Högsta dygnsmedeltemperatur			3-4°	3-4°
Lägsta dygnsmedeltemperatur				6-8°
Dygnnederbörd	0-20%	0-20%		10-30%

På lång sikt ökar årsmedeltemperaturen särskilt i norra Sverige, vilket framför allt beror på att vintrarna blir mycket mildare.

## Konsekvenser på klimatet i viktiga jordbruksområden i Sverige

För att få en uppfattning om hur klimatförändringarna kan tänkas påverka klimatet i olika jordbruksområden i Sverige har jag gjort en uppskattning av hur klimatet kan komma att se ut på några olika orter 2090 (om 75 år). De parametrar som jag tittat på är årsmedeltemperatur samt månadstemperaturen den kallaste och varmaste månaden. Dessa temperaturer tillsammans med årsmedelnederbörden har tillsammans fått utgöra

en "klimatprofil" för orten. Klimatprofilen har jag sedan jämfört med motsvarande värden för olika orter för att hitta platser som idag har ett liknande klimat som dessa typer kommer att få 2090. I jämförelsen har jag lagt störst vikt vid temperaturerna och mindre vid nederbörden.

Denna metod har uppenbara brister. För det första tar den inte hänsyn till skillnaden solinstrålning på olika breddgrader. När det gäller stallklimat och djurmiljö i konventionella stallar så har solinstrålningens mycket mindre betydelse än lufttemperaturen. Vidare har jag använt mig av månadsmedeltemperaturer som jämförelsetal. Om syftet vore att beräkna stallklimat så borde man istället använda förväntade extremtemperaturer. I det här sammanhanget har dock mitt mål varit att få perspektiv vilka anpassningar som kan komma att behövas genom att se hur man bygger och utrustar stallar i jämförelseorterna. Dessutom har jag med kort varsel inte haft tillgång till annat än månadstemperaturer för de flesta orter. Jag har hämtat mina jämförelsevärden från [www.worldclimate.com](http://www.worldclimate.com) och [www.climatemps.com](http://www.climatemps.com). Värdena för de svenska orterna och uppgifterna om förväntade förändringar kommer från SMHI ([www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur](http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur) och [www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarioer](http://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarioer)).

Tabellerna nedan sammanfattar beräkningarna. Orterna är valda så att de fördelar sig från söder till norr och att de ligger i eller i anslutning till större jordbruksområden. Urvalet av orter begränsas till sådana där det finnas klimatdata på nätet. Tabellvärdena är avrundade till närmaste heltal.

Tabell 3. Nuvarande och förväntat klimat ca 2090 på några platser i Sverige enligt scenario RCP2,6.

Ort	Nuvarande klimat				Förväntat klimat 2090			
	Årsmedel	Jun/Juli	Jan/febr	Nederb	Årsmedel	Jun/Juli	Jan/Febr	Nederb
Lund	8°	17°	-1°	650	9°	19°	0°	683
Skara	6°	16°	-3°	600	8°	18°	-1°	630
Kalmar	7°	16°	-2°	475	9°	18°	0°	523
Linköping	6°	16°	-3°	525	8°	18°	-1°	551
Uppsala	5°	17°	-5°	540	7°	18°	-3°	567
Borlänge	5°	17°	-6°	600	7°	19°	-4°	630
Östersund	3°	14°	-9°	500	5°	15°	-6°	550
Umeå	3°	16°	-8°	575	5°	18°	-5°	604
Luleå	1°	14°	-12°	550	4°	16°	-8°	589

Tabell 4. Nuvarande och förväntat klimat ca 2090 på några platser i Sverige enligt scenario RCP8,5.

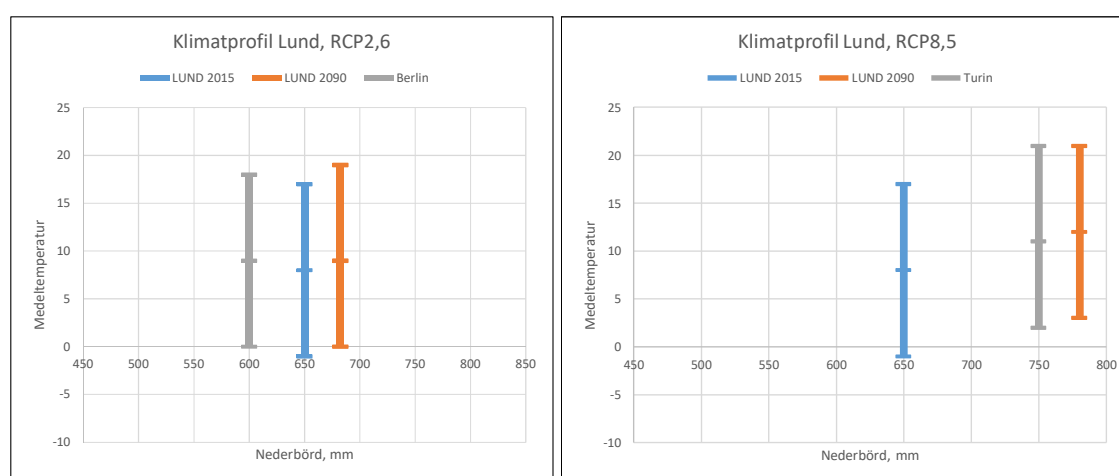
Ort	Nuvarande				Förväntat klimat 2090			
	Årsmedel	Jun/Juli	Jan/febr	Nederb	Årsmedel	Jun/Juli	Jan/Febr	Nederb
Lund	8°	17°	-1°	650	12°	21°	3°	780
Skara	6°	16°	-3°	600	10°	20°	1°	780
Kalmar	7°	16°	-2°	475	11°	20°	3°	570
Linköping	6°	16°	-3°	525	10°	20°	2°	630
Uppsala	5°	17°	-4°	541	10°	21°	2°	676
Borlänge	5°	17°	-6°	600	10°	21°	0°	750
Östersund	3°	14°	-9°	500	8°	18°	-2°	650
Umeå	3°	16°	-8°	575	9°	20°	-1°	719
Luleå	1°	14°	-12°	550	7°	19°	-4°	688

För att ytterligare konkretisera hur klimatet kan komma att bli så har jag letat upp jämförelseorter i Europa som idag har liknande klimat som de svenska orterna kan förväntas

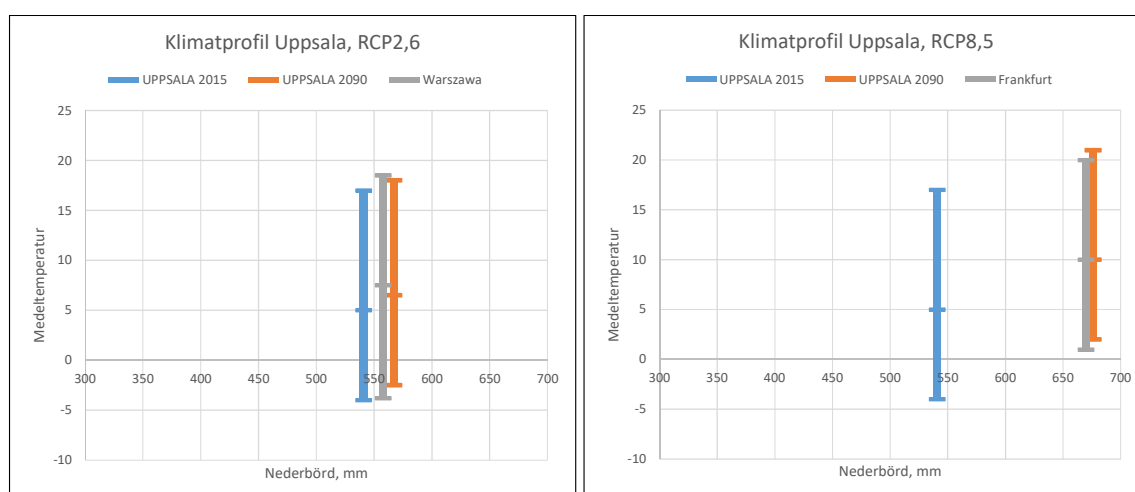
få i framtiden. I min jämförelse jag i första hand försökt matcha medeltemperaturerna. Mindre vikt har lagts vid årsmedelnederbörden. Urvalet av jämförelseorter är begränsat till orter där det finns lätt tillgängliga klimatdata på nätet.

Varje klimatprofil representeras av en vertikal linje i diagrammet. Läget i x-led bestäms av årmedelnederbörden. Linjerna har tre markerade punkter. Den lägsta representerar årets lägsta månadsmedeltemperatur, den mittersta årsmedeltemperaturen och den översta representerar den högsta månadsmedeltemperaturen. Blå linje är dagens klimatprofil och röd linje är förväntat klimatprofil 2090. Den grå linjen visar dagens klimatprofil för en jämförelseort. Denna linje borde ligga nära den röda linjen men i flera fall har jag inte lyckats hitta orter där klimatprofilen stämmer både när det gäller temperaturer och nederbörd. I Dessa fall har jag prioriterat temperaturerna.

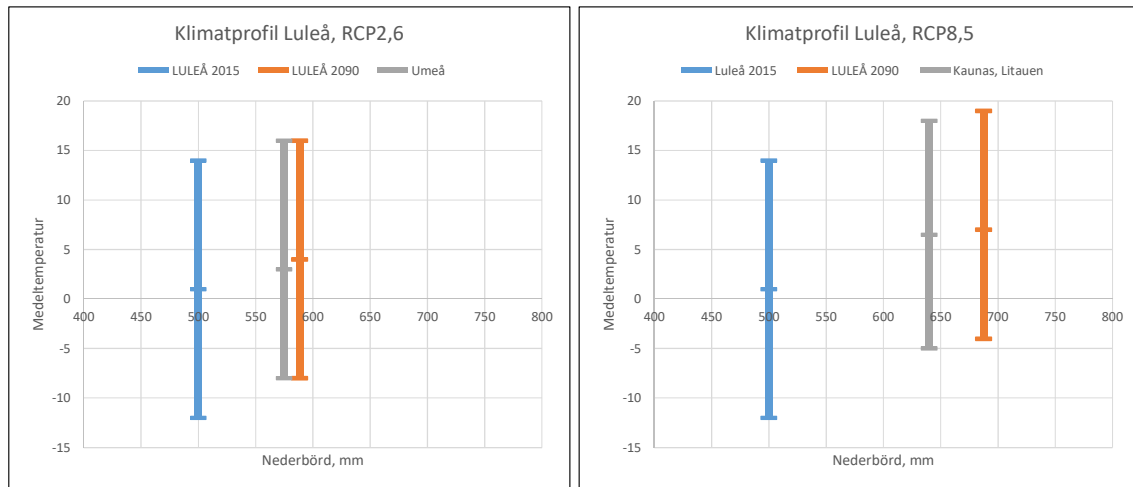
*Figur 1. Klimatprofiler för Lund enligt de två scenarierna. De röda linjerna visar förväntade förhållanden ca 2090. Med det låga scenariet är Berlin en liknande jämförelseort med undantag för att årsmedelnederbörden är lägre. I det höga scenariet är Turin i Norditalien en ort som idag har ett jämförbart klimat med hur det förväntas bli i Lund.*



*Figur 2. Klimatprofiler för Uppsala enligt de två scenarierna. De röda linjerna visar förväntade förhållanden ca 2090. Med det låga scenariet är Warszawa jämförelseort. I det höga scenariet är Frankfurt i sydvästra Tyskland en ort som idag har ett jämförbart klimat med hur det förväntas bli i Uppsala.*



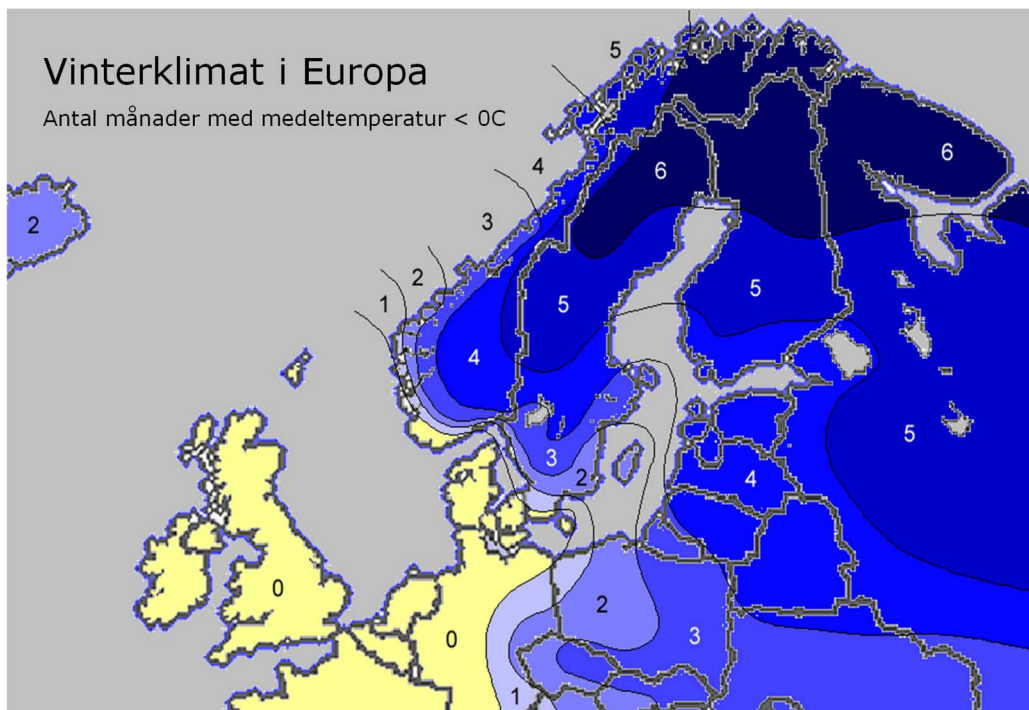
Figur 3. Klimatprofiler för Luleå enligt de två scenarierna. De röda linjerna visar förväntade förhållanden ca 2090. Med det låga scenariet är Umeå jämförelseort. I det höga scenariet är Kaunas i Litauen en ort som idag har ett jämförbart klimat med hur det förväntas bli i Luleå.



### Översikt över dagens klimat i Europa ur stallklimatsynpunkt

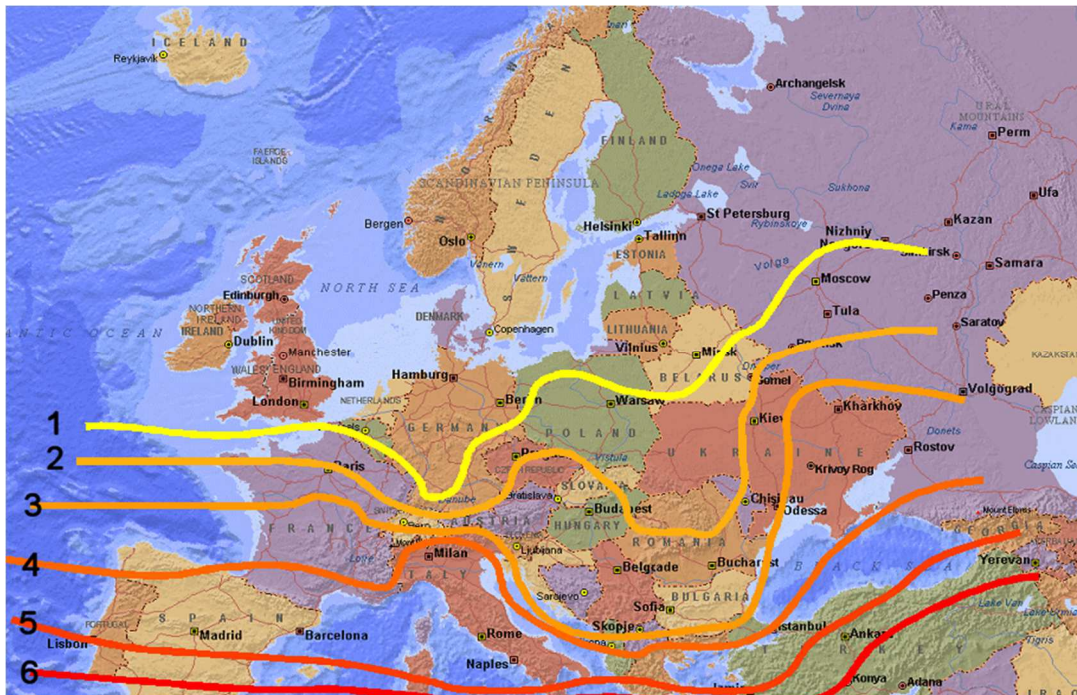
Kortare köldknäppar kan man hantera även med enkla oisolerade byggnader. Om det däremot är vanligt med längre perioder med kallt vinterväder så brukar man bygga stallar som är anpassade efter detta. Nedanstående karta (figur 4) visar antal månader med en månadsmedeltemperatur under noll grader.

Figur 4. Nuvarande vinterklimat i Europa med avseende på antal månader med månadsmedeltemperatur under noll grader.



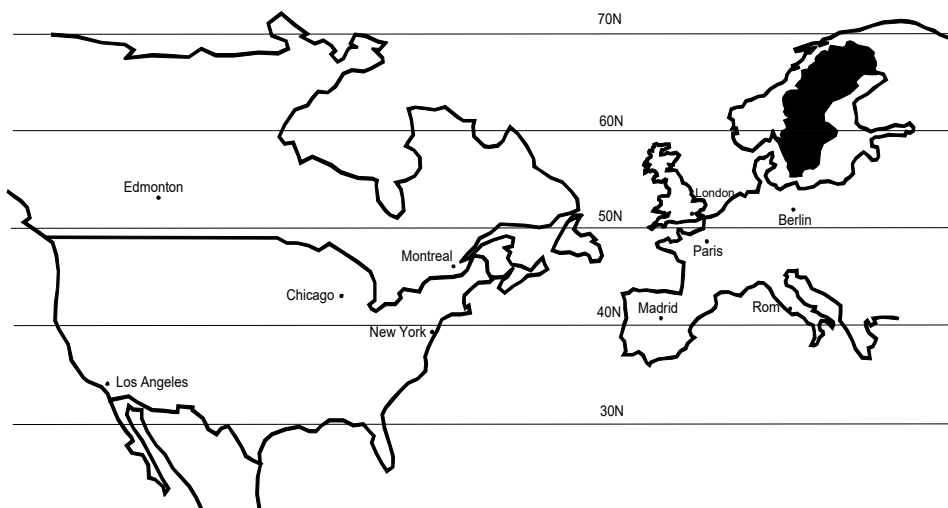
I områden där man sommartid har långa perioder med höga temperaturer så bygger man helt andra typer av byggnader (figur 5).

Figur 5. Nuvarande sommarklimat i Europa med avseende på antal månader med sommarhetta (antal månader med månadsmedeltemperatur över +18°C)



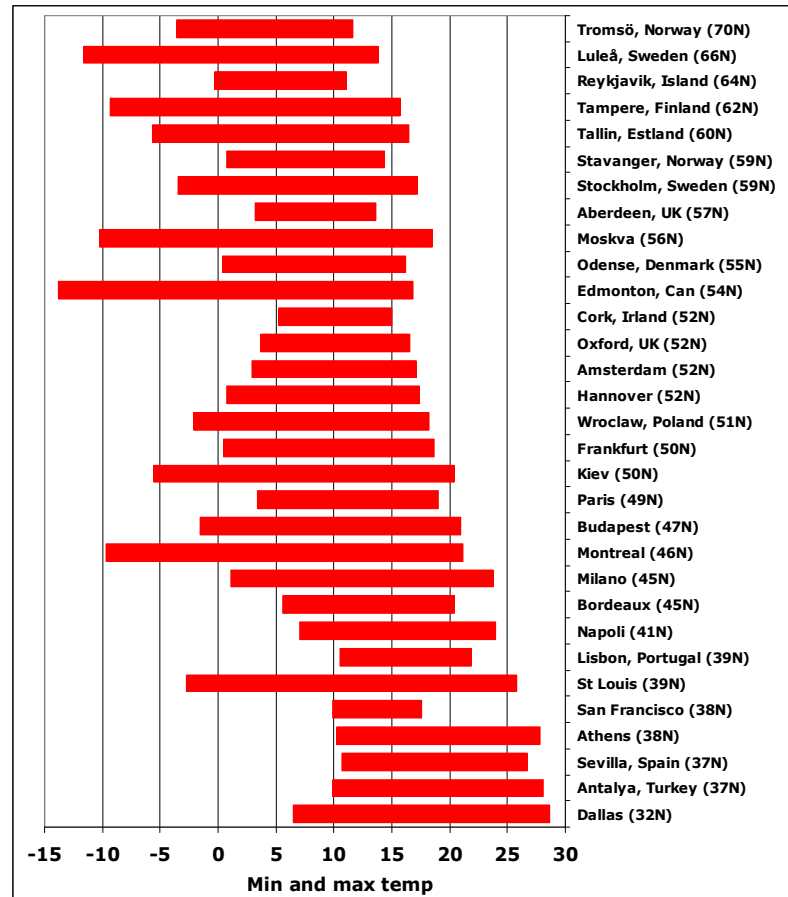
Vid vilken breddgrad en ort är placerad har avgörande betydelse för solinstrålningen. Figur 6 visar vilken extremt nordlig placering som Sverige har. Detta kommer inte att förändras som följd av den globala uppvärmningen.

Figur 6. Sveriges placering i nord-sydlig riktning i förhållande till Europa och Nordamerika



När det gäller sommar- och vintertemperaturer så finns det också andra viktiga faktorer som påverkar detta så som maritimt eller kontinentalt klimat samt förhärskande havs- och luftströmmar.

Figur 7. Lägsta och högsta månadsmedeltemperatur för ett urval orter. Orterna är sorterade efter den breddgrad som de ligger på.



## Vädrets påverkan på stallklimatet

### Två typer av stallbyggnader

Det finns två typer av stallbyggnader.

**Väderskyddande stall** – ett enkelt öppet stall som ger skydd för solinstrålning, nederbörd och vind. Kan användas för klimattåliga djur som t.ex. får, nötkreatur eller hästar. I ett väderskyddande stall följer inomhustemperaturen utomhustemperaturen eftersom det behövs mycket kraftig luftväxling för att minimera problem med fukt och kondens.

**Klimatreglerat stall** – Värmeisolerad, sluten byggnad där man styr ventilation och värmeförsel för att skapa termisk komfort för djuren. Användningsområde är t.ex. smågrisproduktion och slaktkycklinguppfödning.

### Stor skillnad på stallar och byggnader för människor

Förutsättningarna för djurstallar skiljer sig mycket mot förhållandet i byggnader för humant bruk. Det beror på att djurens värmeavgivning är så stor att ett stall under nästan alla väderförhållanden behöver kylas med sval uteluft för att skapa termisk komfort. Det betyder att man kontinuerligt styr tillförseln av sval uteluft för att reglera stalltemperaturen.

I byggnader för människor är det istället värmeunderskott under en stor del av året. Reglering av rumstemperatur sker därför genom styrning av värmeförseln.

### Krav på klimatisering i olika typer av stallar

I väderskyddade stallar är klimatiseringskraven okomplicerade – maximal luftomsättning så att inomhusklimatet är så lika utomhusklimatet som möjligt med avseende på lufttemperatur och luftfuktighet. Byggnadens uppgift är ju bara att ge skydd mot nederbörd, vind och gassande sol.

När det gäller isolerade klimatreglerade stallar finns det stora skillnader mellan olika djurslag på vad ventilationsanläggningen skall klara av. Tabell 5 sammanfattar viktiga nyckeltal som beskriver förutsättningarna för klimatreglering i olika typer av djurstallar.

Maximal ventilationsintensitet ( $\text{m}^3/\text{h}$  per  $\text{m}^2$  golv) är kopplat till djurbeläggningen i stallet. Om det är tätt med djur som tillsammans har mycket stor värmeavgivning så behövs det också att ventilationsanläggningen kan föra in väldigt mycket luft per kvadratmeter golvyta. Detta ställer stora krav på byggnadens och ventilationsanläggning utförande. I stallar med låg beläggning och därmed lägre ventilationsintensitet är det enklare att åstadkomma ett bra termiskt stallklimat.

Luftomsättningen är kopplad till ventilationsintensiteten men påverkas också av takhöjden. I stallar med hög djurbeläggning måste man också ha hög luftomsättning.

Tabell 5. Översikt över viktiga nyckeltal som beskriver skillnaderna mellan olika typer av klimatreglerade djurstallar när det gäller klimatisering.

Typ av byggnad/djurslag	Max ventilationsintensitet  $\text{m}^3/\text{h}$ per $\text{m}^2$ golv	Luftomsättning vid max vent	Reglerintervall min till max vent	Typ av tempreglering	Behov av tillskottsvärme	Lägsta stalltemp
Häststall med boxar	15	5 ggr/t	1:7	ventflöde	litet	10°
Mjölkkor i lösdrift	20	15 ggr/t	1:4	ventflöde	litet	10°
Slaktsgrisstall	90	30 ggr/t	1:15	ventflöde	Ibland <sup>1)</sup>	+22° till +16° <sup>2)</sup>
Slaktkycklingstall	120	50 ggr/t	1:50	Värme och vent	I början	+32° till +20° <sup>2)</sup>
Människobostad	2	0,5 ggr/h	konstant	Värme	Nästan hela året	+20°

1) Vid insättning av smågrisar vintertid behövs tillskottsvärme

2) Vid insättning av unga/små djur den höga temperaturen, därefter sjunkande temperatur allt eftersom djuren växer.

I alla stallar måste man kunna reglera ventilationsflödet mellan minimiventilation (ventilationsbehov med hänsyn till luftkvalite) och upp till maxventilation (ventilationsbehov med hänsyn till svalkningsbehov). I stallar med omgångsuppfödningen tillkommer den förändring som följer av att stallets ventilationsbehov är litet i samband med insättning av små/unga djur och att ventilationsbehovet sedan ökar allt eftersom djuren växer till. Denna



variationsbredd beskrivs av parametern reglerintervall. Ju större reglerintervall desto större krav på ventilationsanläggningens utförande.

I stallar med omgångsuppfödning är det också skillnad mellan önskad lägsta stalltemperatur mellan insättning då djuren är små/unga och när de börjar bli fullväxta.

I klimatreglerade stallar där ventilationsintensiteten, luftomsättningen och reglerintervallet är stort så ställs stora krav på klimatiseringsanläggningens och stallbyggnadens utförande (t.ex. för slaktsvin och slaktkyckling). I sådana stallar finns det också större risk för värmestress om inte klimatiseringsanläggningen fungerar på ett bra sätt.

I stallar där dessa nyckeltal är lägre kan man klarara sig med enklare utrustning och enklare byggnader och risken för allvarlig värmestress är mindre.

### **Effekt av varmt väder på stallklimatet i klimatreglerade stallar**

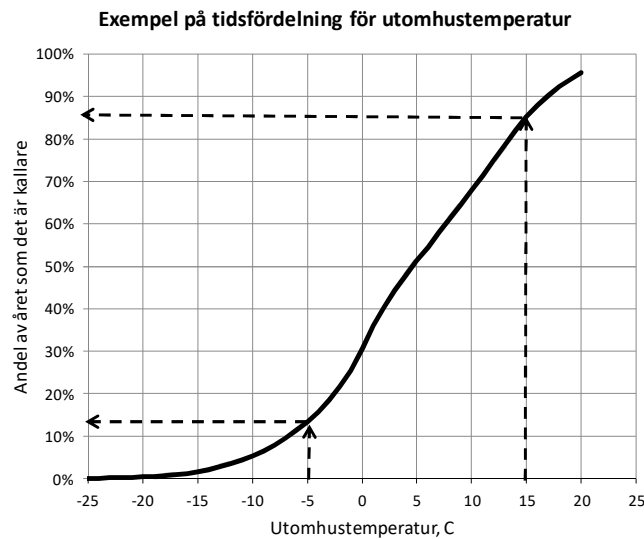
Vid varmt väder kyls stallet med hjälp av uteluft. Dimensioneringsprinciper och ventilationsbehov för olika djurkategorier finns i Svensk standard SS 951050:2014. Eftersom luften inte är konditionerad (kyld) kommer det alltid att vara lite varmare inomhus än utomhus. Den dimensionerande temperaturskillnaden vid dimensionering av maxventilation är fyra grader. Ju varmare det är ute desto större flöde behövs för att kyla stallet. Om utomhustemperaturen passerar den punkt där ventilationen arbetar med max kapacitet så kommer inomhustemperaturen därefter att följa utomhustemperaturen.

Eftersom kyleffektbehovet är så stort är det inte ekonomiskt möjligt att ersätta svalkning med uteluft med svalkning med kylaggregat. I ett normalt slaktgrisstall med 400 grisar (ca 350 m<sup>2</sup>) är värmeavgivningen från djuren upp till ca 50 kW och ventilationsanläggning dimensioneras för att tillföra upp till 38000 m<sup>3</sup>/h (10,5 m<sup>3</sup>/s) uteluft.

### **Effekt av kallt väder på stallklimatet i klimatreglerade stallar**

Djurens värmeavgivning är stor i förhållande till byggnadens transmissionsförluster. Det medför att det bara behövs tillskottsvärme när utetemperaturen sjunker under värmebalans-temperaturen som är den utomhustemperatur då värmeförlusterna från djuren är lika stora som värmeförlusterna från stallet. Typisk värmebalans-temperatur är -5°C till -15°C beroende på djurslag och stallets utformning. Enda undantaget är stallar för slaktkyckling där värmeavgivningen från djuren är extremt låg i samband med insättningen samtidigt som kycklingarna då kräver hög temperatur (över +30°C vid insättning).

Figur 8. Exempel på varaktighetskurva för utomhustemperatur. Kurvan gäller Uppsala. De streckade linjerna visar att i ett stall med värmebalanstemperatur på  $-5^{\circ}\text{C}$  så behövs det tillskottsvärme bara drygt 10% av ett år. I en bostad med en värmebalanstemperatur på  $+15^{\circ}\text{C}$  så behövs det tillskottsvärme under ca 85% av året.



När klimatet blir varmare så förskjuts kurvan (figur 8) åt höger och perioden med behov av tillskottsvärme förkortas.

## Effekten av förväntade klimatförändringar på stallmiljön

### Effekt av varmare uteklimat på inomhusklimatet i klimatreglerade stallar

När vinterklimatet blir varmare har det ingen annan effekt än att behovet av tillskottsvärme minskar eller uteblir. Man kan också bygga nya stallar med mindre isolering.

När sommarklimatet blir varmare så kommer det också att bli varmare inne i stallet eftersom tilluften är varmare och inte kyler lika effektivt. Detta kan medföra högre värmestressnivåer och längre perioder med värmestress. Med nuvarande klimat i Sverige är perioder med kraftig värmestress ovanliga under förutsättning att stall och ventilationsanläggning är rätt utformade. Det finns olika stressindex som används i rådgivning i varma länder för att bedöma stressnivån (se figur 9 och 10). Det finns en förvirrande mångfald av sådana här index som skiljer sig dels mellan olika djurslag, dels mellan olika forskare och rådgivningsorganisationer. Skillnaderna mellan olika index för ett givet djurslag brukar inte vara så stora. Skillnaderna mellan olika djurslag är dock betydande.

I Sverige är det bara undantagsvis som vi kommer upp till allvarliga stressnivåer. Det beror mycket på att vi brukar ha låg relativ luftfuktighet när det är som varmast på sommaren. I klimatscenarierna så förväntas ganska måttliga ökningar av sommartemperaturerna, men betydande ökningar av nederbördsmängderna. Jag vet inte hur detta kommer att förändra klimatet med avseende på den relativa luftfuktigheten under varma perioder.

Figur 9. Exempel på stressindex. Diagram som visar graden av värmestress för slaktgrisar när det är varmt i stallet. Diagrammet kommer från Kanada.

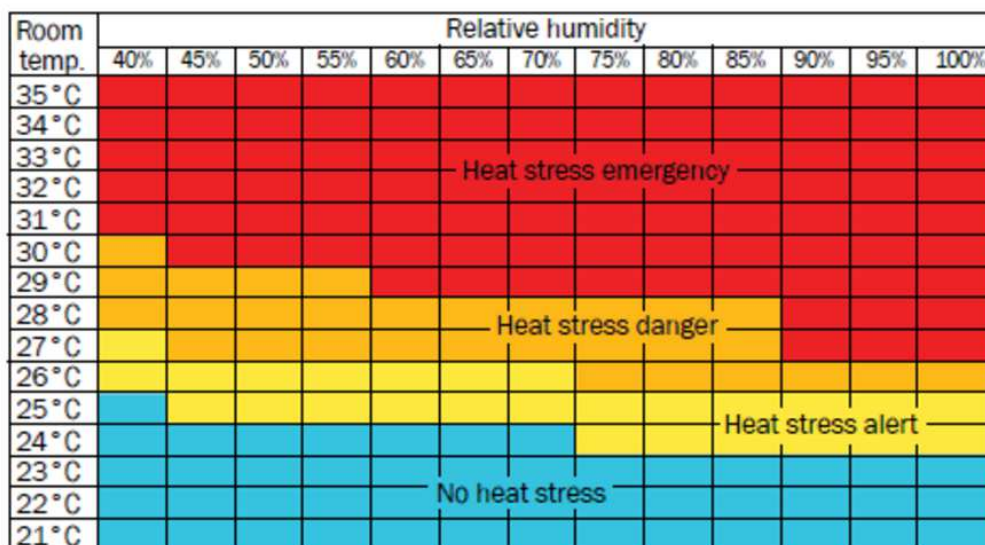


Figure 1. Heat Stress Index for grow-finish swine  
Source: Iowa State University

Figur 10. Exempel på stressindex. Det klassiska THI-indexet är från början av 60-talet och gränserna för värmestress baserades på försök med kor som hade mycket lägre mjölkproduktion än dagens kor.

		Relativ fuktighet																				
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
Temperatur	20	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	66	66	66	66	67	67	67	67	68	68	
	22	64	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72	
	24	66	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	
	26	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79
	28	70	70	71	72	72	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80	80	81	82	82	
	30	71	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86	
	32	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90	
	34	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	
	36	77	78	79	80	81	82	83	82	85	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96	97	
	38	78	79	81	82	83	84	85	86	88	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100	
	40	80	81	82	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	101	103	104	

### Effekt av varmare uteklimat på inomhusklimatet i väderskyddande stallar

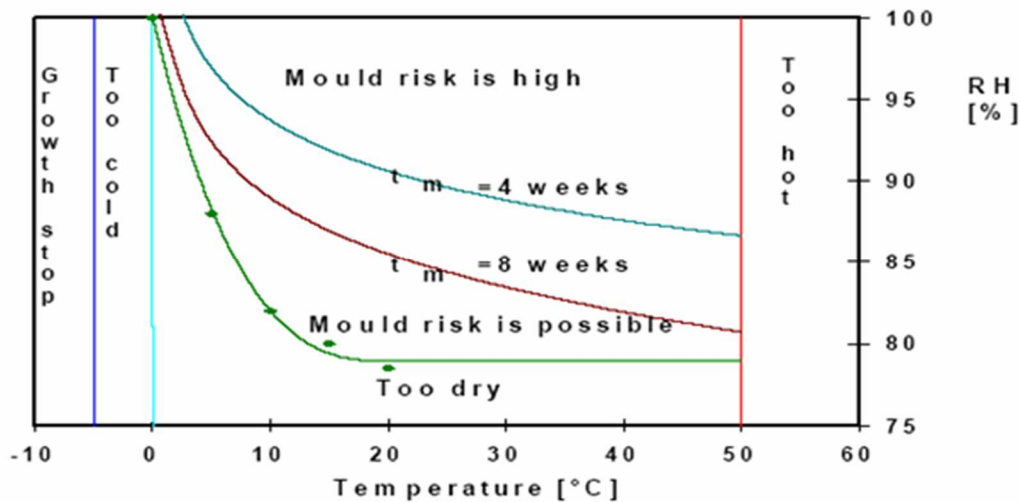
I väderskyddande stallar så följer inomhusklimatet uthusklimatet. Förändringar i utomhustemperaturerna kommer därför att slå igenom också inomhus.

De svåraste klimatförhållandena i denna typ av stallar brukar vara perioder med fuktigt och dimmigt väder och utomhustemperaturer kring noll grader. Då får man ofta problem med kondens och hög fuktighet inne i stallet.

## Effekten av ändrat klimat på byggnadernas dimensionering och beständighet

Risken för röta och mögeltillväxt påverkas starkt av lufttemperatur och luftfuktighet. Också korrosion gynnas av hög luftfuktighet och höga temperaturer. Högre temperaturer och nederbörd borde därför medföra förkortad beständighet hos byggnadsmaterial och ytbehandlingar.

Figur 11. Risk för mögeltillväxt som funktion av relativ luftfuktighet och temperatur (Efter Viitanen, 2004)



Lantbrukets driftsbyggnader dimensioneras efter Boverkets byggregler (BBR). Eftersom det är få människor som vistas i lantbruksbyggnader så använder man en låg säkerhetsklass. Anvisningar för vilken säkerhetsklass som bör användas för lantbruksbyggnader och vilka laster som är dimensionerande finns i SIS Tekniska specifikation SIS-TS 37:2012. Ekonomibygnader – Tillämpningar till Boverkets och Jordbruksverkets regler avseende utformning av ekonomibygnader för jordbruk, skogsbruk och trädgårdsnäring samt hästverksamhet.

Högre nederbörd skulle kunna medföra större snölast, men om det samtidigt blir varmare på vintern så kan man anta att en allt mindre del av nederbörden faller som snö. Detta är dock inget som är specifikt för jordbruket utan måste hanteras av Boverket.

## Energiförbrukning i lantbruksbyggnader

Energiförbrukningen varierar mycket mellan olika typer av djurproduktion och olika typer av byggnader. Förutom energi för ventilation och värme kan det gå åt betydande mängder energi för belysning, foderhantering och utgödsling. De mätningar av energiförbrukningen som gjorts visar på mycket stor variation mellan olika anläggningar. Det är inte förvånande eftersom fältmätningar av energiförbrukning i stallar med omgångsuppfödning (t.ex. slaktgris och slaktkyckling) försvåras av hur det varierande temperatur och ventilationsbehovet under uppfödningssomgångarna (flera per år) samverkar med de naturliga variationerna i utomhusklimat.

I väderskyddade byggnader är energiförbrukningen generellt mycket låg.

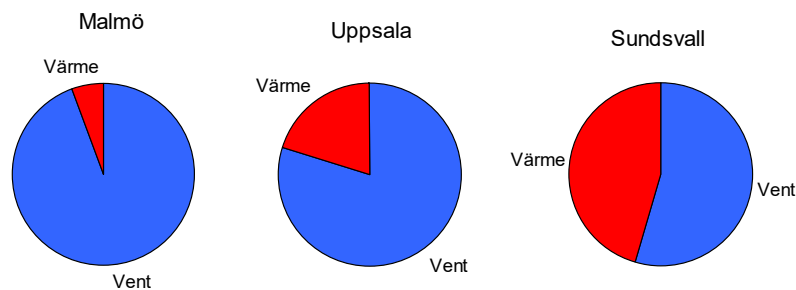
I klimatreglerade byggnader med naturlig ventilation förbrukas mycket lite energi för drift av ventilationsanläggningen. I de fall man använder invändiga svalknings/cirkulationsfläktar kan energiförbrukningen för drift av dessa bli avsevärt större än energiförbrukningen för fläktventilation.

I stallar med fjäderfä behövs det mycket värme för att hålla ett stallklimat som är anpassat efter djurens behov. Det gäller särskilt slaktkycklingstallar där temperaturbehovet i början av uppfödningen är högt.

I grisstallar behövs det både energi för ventilation och värme. I södra Sverige är uppvärmningsbehovet obetydlig, medan det längre norrut kan bli betydande (se figur 12).

Om klimatet blir varmare som kommer generellt behovet av energi för ventilations- och kylfläktar att öka samtidigt som energibehovet för tillskottsvärme kommer att minska. Eftersom man samtidigt kan förvänta sig att det kommer att ske en förskjutning mot andra stallsystem och djurhållningssystem som är anpassade efter ett varmare så är det svårt att förutse vilka nettoeffekter klimatförändringarna kommer att få.

*Figur 12. Nuvarande relativ fördelning av energibehov för ventilation och värme i svinstallar beroende på läge i Sverige. Egen beräkning som bygger på ett typstall med viss ventilations- och värmeutrustning vars energiförbrukning beräknats med hjälp av varaktighetskurvor för temperaturen på olika orter.*



### Andra effekter

När man använder enkla väderskyddande byggnader är det vanligt att ha stora hårdgjorda ytor utomhus (utan tak) där djuren rör sig och gödslar. Denna gödsel skrapas ihop och samlas upp i gödselbehållare. Ökad nederbörd kommer att öka behovet av lagringsvolym för gödsel.

Gödselbehållare skall vara täckta, men inte alla typer av täckning leder bort nederbörd från behållaren. I dessa behållare kommer ökad nederbörd också medföra större behov av lagringsvolym.

Å andra sidan kan man förvänta sig att ett mildare vinterklimat medför en förlängning av växtodlingssäsongen vilket skulle minska den period som man behöver kunna lagra gödsel.

*Figur 13. Exempel väderskyddande stall för slaktnöt med stora hårdgjorda ytor under bar himmel där djuren gödslar och gödseln skrapas till lagringsbehållare.*



## Vanliga byggnadstyper i Sverige

Detta avsnitt innehåller en översikt per djurslag och vilka möjligheter det finns att anpassa befintliga byggnader.

### Byggnader för nötkreatur

Traditionella ladugårdar för mjölkkor har varit höghusladugårdar med isolerade väggar och foderskulle på vinden. Dessa ladugårdar passar inte ihop med dagens system för mjölkning, utfodring och utgödsling. På några ställen används de för ungnöt, får eller har konverterats till häststall.

*Figur 14. Traditionell höghusladugård som ursprungligen använts för mjölkkor och rekryteringsdjur.*



På sextio och sjuttioalet började man på allvar bygga lösdriiftsladugårdar. De nu är oftast mycket slitna och fuktskadade. Sedan de byggdes har mycket hunnit hänt vad det gäller utfodring och kotrafik så att de ofta inte längre kan erbjuda goda produktionsförutsättningar. De har också ofta bristfälliga ventilationssystem.

*Figur 15. Lösdriftsladugårdar från sextio och sjuttio-talet är ofta i mycket dåligt skick.*



*Figur 16. Lösdriftsladugårdar från sextio och sjuttio-talet är ofta i mycket dåligt skick med allvarliga fukt och korrosionsskador*



På senare tid har det nästan bara byggts mjölkstallar stallar med naturlig ventilation och tvärventilation. Husen är klimatreglerade och har reglerbar ventilation som styrs så att stalltemperaturen inte skall bli lägre än 8-10°C vintertid. Husen är ofta mycket breda (30-70 meter). Systemet kommer från områden med varmare klimat och är optimerade för att ge största möjliga ventilationsflöde sommartid. Trots detta kan det periodvis det förekomma värmestress i i dessa stallar. Ett allmänt förekommande problem är dock problem med mögel och fukt samt påfrysning kalla årstiden.

*Figur 17. Exempel på isbildning vid kall väderlek på stall med öppningsbara väggluckor.*



*Figur 18. Exempel på påfrysning och mögelskador i klimatreglerat stall.*

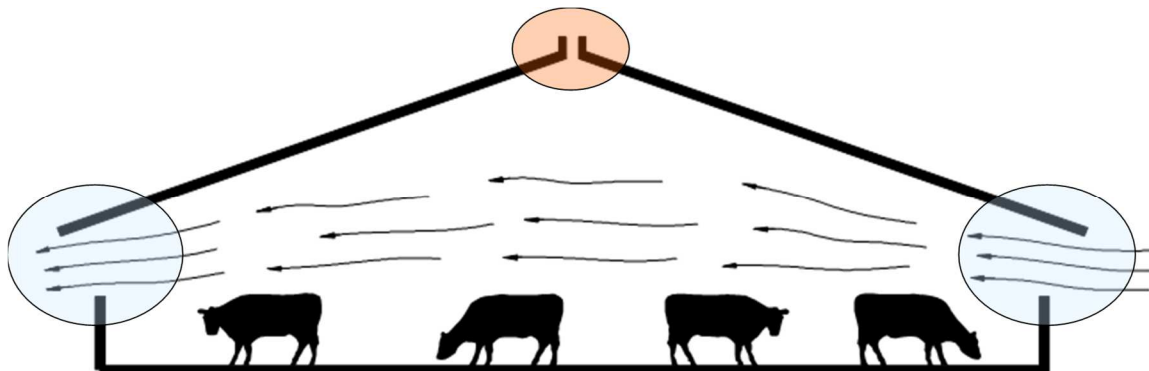




Figur 19. Exempel på mögel och korrosionsskador i 6 år gammal klimatreglerad lösdrift.



Figur 20. Lösdriftsladugård med öppningsbara väggar som ger maximal ventilation den varma årstiden.



Figur 21. Exempel på modern lösdriftsladugård med öppningsbara väggar och tvärventilation.



*Figur 22. Interiör i modern lösdriфтsladugård med öppningsbara väggar och tvärventilation.*



Enkla oisolerade väderskyddande stallar förekommer också. I dessa stallar blir det minustemperatur vintertid när det är kallt ute. Systemen för foder, vatten och utgödning måste anpassas efter dessa förutsättningar. Denna typ används framför allt för rekryterings- och köttdjur. I de fall man använder dem för mjölkkor så behöver mölkningsavdelningen ligga i ett isolerat och uppvärmt utrymme-

*Figur 23. Exempel på modern lösdriфтsladugård med öppningsbara väggar och tvärventilation.*

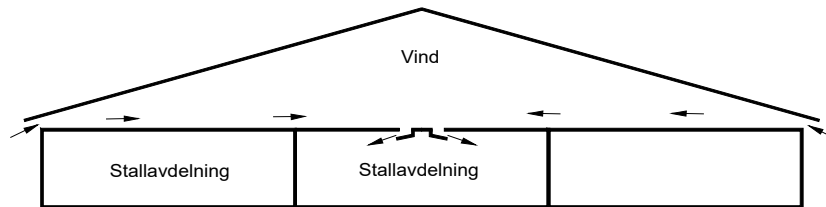


*Figur 24. Enkel väderskyddande byggnad för rekryteringsdjur.*



## Byggnader för grisar

Figur 25. Principskiss av stall för grisar. Byggnaden är isolerad och klimatregerad. Ventilationsluften tas in via vindsutrymmet och kommer ner i stallavdelningarna via luftintag i taket.



Nästan alla grisstallar i Sverige är breda byggnader med många stallavdelningar under samma tak. I och med att husen är så breda blir taklutningen låg. Luften tas igenom takfoten och strömmar genom vindsutrymmet innan det leds ner till djuren genom bjälklaget. Nackdelen är att taket fungerar som solfångare och det sker ofta en ganska kraftig förvärmning av tilluften vid passagen genom den breda vinden. Detta medför problem med otillräcklig svalkningseffekt av tilluften sommartid. Ventilationen är dimensionerad för 4 graders temperaturskillnad mellan inne och ute. I stallar med kraftig soluppvärmning kan temperaturskillnaden bli ytterligare 2-4 grader högre. Temperaturstegringen under en solig och varm dag dämpas något av att stallarna har stor termisk massa beroende på betonggolvet och betongelementväggar.

Figur 26. Stall för smågrisproduktion med många parallella avdelningar i en huskropp.



Figur 27. Klimatregerat stall för grisproduktion med betongelementväggar och tilluft via vindsutrymme.



*Figur 28. Vindsutrymmet ovanpå klimatreglerat isolerat grisstall. Tilluften kommer in via springan i takfoten. Från vindsutrymmet strömmar sedan tilluften ner genom bjälklaget genom luftintag i stallens tak.*



Denna typ av breda stallar är ovanliga i länder med varmare klimat.

Förvärmningen kan minskas avsevärt om yttertaksplåten får ett isoleringsskikt på undersidan. Detta kan antingen vara en duk eller liknande som bildar en isolerande luftspalt mot plåten eller ett påsprutat isoleringsskikt direkt mot plåtens undersida.

*Figur 29. Exempel på slaktsvinstall med luftintag placerade i taket. Luften tas in via vindsutrymmet ovanför stallet.*

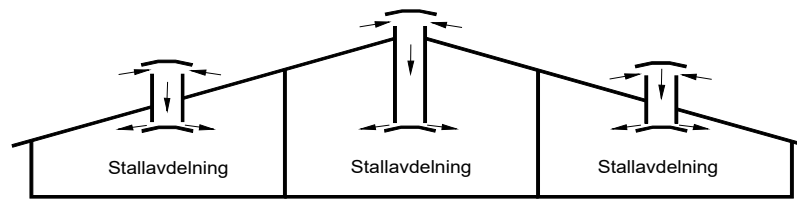


### **Byggnader för fjäderfä**

Stallar för fjäderfä kan antingen vara utformade som grisstallar med tilluft via vind eller så tar man in luften direkt utifrån med hjälp av tilluftstrummor som går upp genom yttertaket. Tilluft via vind används i stallar för värphöns, men tilluft direkt utifrån är det vanligaste systemet i slaktkycklingstallar.

Slaktkycklingstallar har stora väggmonterade fläktar som används sommartid för att få extra hög luftomsättning när det är varmt.

Figur 30. Exempel fjäderfästall med tilluftstrummor som tar in tilluft direkt utifrån.



Stall för fjäderfä är ofta både breda (2 x 20 m vanlig bredd) och långa (80 till 100 meter) med flera stallavdelningar i bredd. De är inte lika utsatta för förvärmning av tilluften som grisstallarna eftersom tilluften ofta tas in ovanför yttertaket genom tilluftstrummor.

Figur 31. Interiör från slaktkycklingstall med nyinsatta kycklingar.



Figur 32. Interiör från slaktkycklingstall med nyinsatta kycklingar. Värmekonvektorrör längs väggarna.



## Tekniska möjligheter att påverka stallklimatet

### Ökat ventilationsflöde

Om man ökar maxventilationsflödet så blir temperaturskillnaden mellan stallet och ute mindre. Normal är klimatreglerade stallar dimensionering efter 4 graders skillnad, dvs 25 grader i stallet när det är 21 grader ute. För att halvera temperaturskillnaden skulle flödet behöva fördubblas. Eftersom inkommande luft inte är kyld så kommer det ändå alltid att vara varmare i stallet än ute. I stallar med fläktventilation medför dessutom fördubblat flöde en fördubbling av energiåtgången för ventilationen.

I stallar med naturlig ventilation och öppningsbara väggar kan ventilationsflödet ökas utan ökade energikostnader. En förutsättning för ökat flöde är att vindhastigheten ute inte är för låg.

### Avkylning med cirkulationsfläktar

Det blir allt vanligare att man installerar cirkulationsfläktar/svalkningsfläktar i mjölkstallar. Ger svalkning genom ökad konvektiv avkylning men skapar buller och har ganska hög energiförbrukning. En del av fördelarna med naturlig ventilation går därmed förlorad.

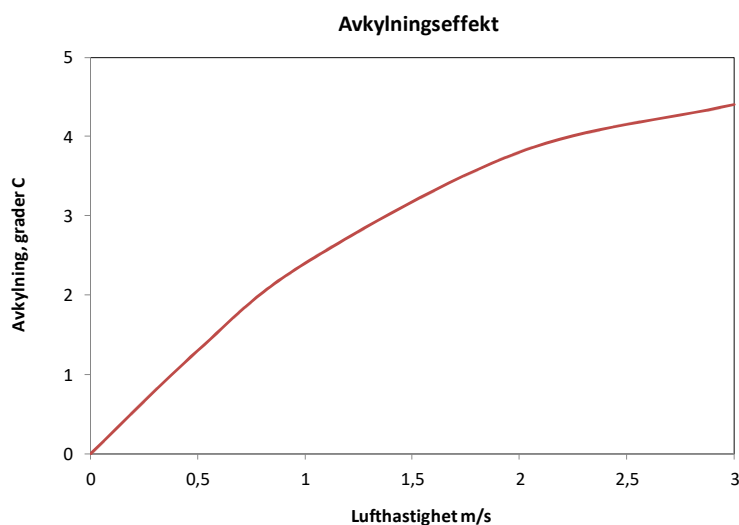
*Figur 33. Mjölkstall med svalkningsfläktar i taket.*



Figur 34. Svalkningsfläktarna cirkulerar stallluft och ger avkylning genom att den ökade lufthastigheten ger extra avkylning genom konvektion.



Figur 35. Svalkningseffekten beror på lufthastigheten. Avkylningseffekt som funktion av lufthastigheten kring djuren. Egen beräkning.



### Tunnelventilation och evaporativ avkylning

I länder med varma somrar använder man ibland tunnelventilation. Det fungerar så att man skapar en konstgjord vind inne i hela stallet från en långsida till den andra eller tvärs över stallet. Detta åstadkoms med hjälp av en kontinuerlig rad med stora fläktar på en sida och luftintag på andra sidan. Nackdelen är hög energiförbrukning, höga bullernivåer och att det är svårt att få bra luftfördelning den kalla årstiden.

I vissa fall kombinerar man tunnelventilation med evaporativ avkylning. I luftintagsöppningarna placeras porösa moduler som hela tiden fuktas med vatten. Luften sugas genom det porösa blöta materialet och när vattnet avdunstar kyls luftströmmen. För att få bra effekt krävs att uteluften är torr (typ ökenklimat). Det termiska klimatet i stallet förbättras genom att det blir svalare, men försämras genom att luftfuktigheten blir högre (se avsnitt om komfortindex längre upp i detta dokument).

## **Dimspridning och droppning**

Spridning av vattendimma inne i stallen är en annan variant av evaporativ kylning.

Om evaporativ kylning inte kan användas kan man i stället regelbundet duscha djuren med vatten. När vattnet avdunstar kyls djuret. Ofta ökar man effekten genom att använda cirkulationsfläktar som gör att vattnet avdunstar snabbare. Denna metod är en form av artificiell svettning. För bästa effekt skall vattnet tillföras direkt på huden. När det gäller djur med päls så åstadkoms detta genom att använda stora droppar som tränger igenom pälsen.

För att inte få problem med ökad mängd gödsel är det viktigt att vattnet styrs så att så lite som möjligt faller på golvet och att inte mer tillförs än att det hinner avdunsta innan nästa duschning.

## **Luftkonditionering**

Kan användas i mindre utrymmen som t.ex. kalvstall eller samlingsfålla, men är för energikrävande och kostsamt för att användas i ett helt stall.

## **Minskad förvärmning av tilluft genom isolering av yttertak**

I byggnader med tilluft via vind kan man minska förvärmningen genom att ha reflekterande ljusa tak och genom att isolera undersidan av takplåten. Om tilluften är svalare så blir det också svalare i stallen.

## **Ökad användning av öppna enkla väderskyddande stallar**

I och med att klimatförändringarna framför allt förväntas innebära mildare vintrar så borde det innebära att nackdelarna vintertid med öppna oisolerade väderskyddande stallar får mindre betydelse i jämförelse med fördelarna under den varmare årstiden.

## **Omlokalisering**

Ett sätt att kompensera för ett varmare klimat är att förlägga nya stallar längre norrut i Sverige.

## **Stallbyggnadernas livslängd**

Stallbyggnadernas livslängd har betydelse för hur enkelt det är att anpassa byggnadsbeståndet efter förändringar i klimatet.

Det finns två huvudsaker till att befintliga stallar tas ur produktion. Den ena är att själva byggnaden är i så dåligt skick att den inte lönar sig att reparera. Den andra anledningen är att djurproduktionen helt avvecklas på gården eller att ett visst stall inte längre kan anpassas till nya produktionslösningar.

Samtidigt som gamla stallar tas ur drift så byggs det en del nya. Hur omfattande ny- och ombyggnadsverksamheten är kan man utläsa av Jordbruksverkets förprövningsstatistik. I princip all ny- och ombyggnad av stallar skall förprövas av länsstyrelserna ur djurskyddssynpunkt. Alla stallar som förprövas kanske inte byggs och det finns också en fördröjning mellan godkänd förprovning och färdigt stall. Dessa felkällor medför en osäkerhet när det gäller de exakta talen, men statistiken kan ändå användas för att få en uppskattning av omsättningshastigheten i byggnadsbeståndet.

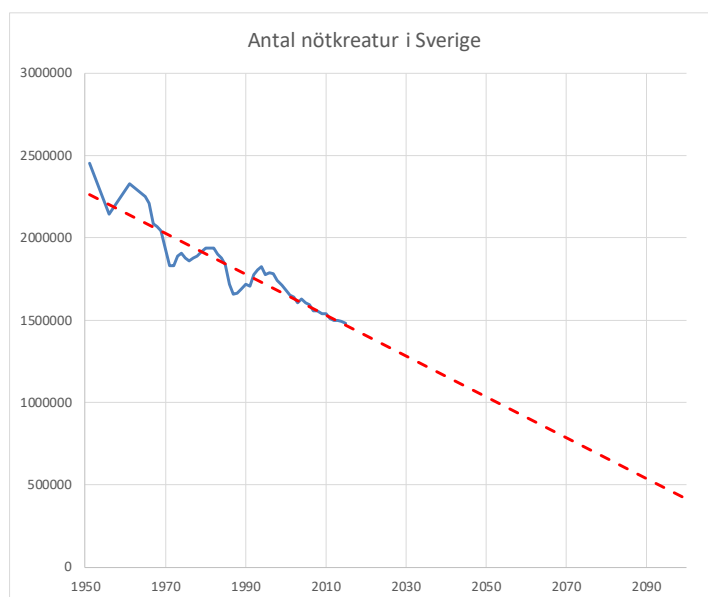
Jag har använt statistiken för antalet djur och förprövningsstatistik för perioden 2005 till 2015. Eftersom siffrorna går upp och ner mellan olika år så har jag räknat med avrundade medeltal för perioden.



## Stallar för nötkreatur

I Jordbruksverkets statistik kan man utlösa den långsiktiga utvecklingen av antalet företag med nötkreatur och antal nötkreatur.

Figur 36. Antal nötkreatur enligt Jordbruksverkets årsstatistik.



För att kunna göra en uppskattning av livslängden för ett stall kan man kombinera statistiken som visar hur många djur som finns med förprövningsstatistiken.

Tabell 6. Förändring i antal djur och stallplatser för nötkreatur. Medeltal för perioden 2005-2015. Utökning antal platser kommer från förprövningsstatistiken. Procentsatser i relation till antal djur i medeltal för perioden.

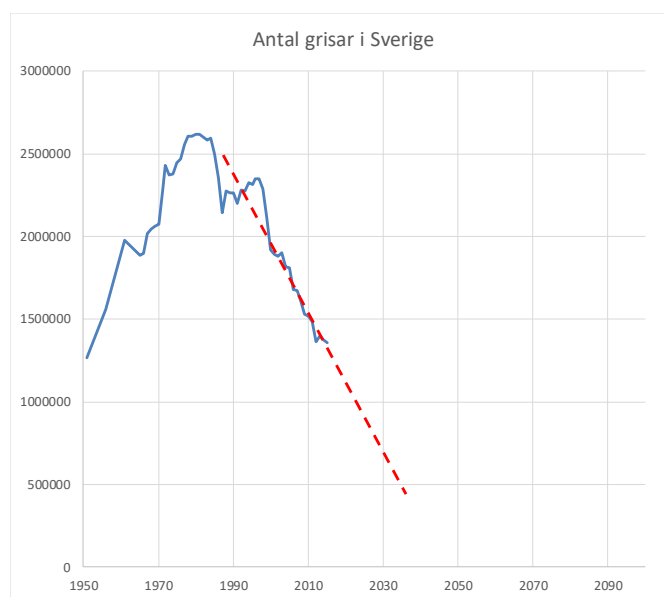
	Alla nötkreatur		Mjölkkor	
Antal djur (medeltal 2005-2015)	1 520 000		350 000	
Årlig minskning antal djur	11 000		3 300	
Utökning antal platser/år enl förprövningsstatistiken.	36 000	2,4%	10 000	2,7%
Antal platser tagna ur produktion	47 000	3,1%	6 500	3,4%

Antal platser tagna ur produktion är en uppskattning som beräknats som summan av nettominskning av antal djur och utökning av platser enligt förprövningsstatistiken.

Baserat på dessa data kan man uppskatta att den genomsnittliga livslängden för en stallplats för nötkreatur är ca 30 år.

## Stallar för grisar

Figur 37. Antal grisar enligt Jordbruksverkets årsstatistik.



Samma metod som för nötkreatur har använts för att uppskatta livslängden grisstallar. För många kategorier av grisar så används en plats av flera djur under loppet av ett år. Statistiken för antal djur baseras på antal djur vid en viss tidpunkt och skall därför vara jämförbar med antal förprovade platser.

Tabell 7. Förändring i antal djur och stallplatser för grisar. Medeltal för perioden 2006-2015. Utökning antal platser kommer från förprovingsstatistiken. Procentsatser i relation till antal djur i medeltal för perioden

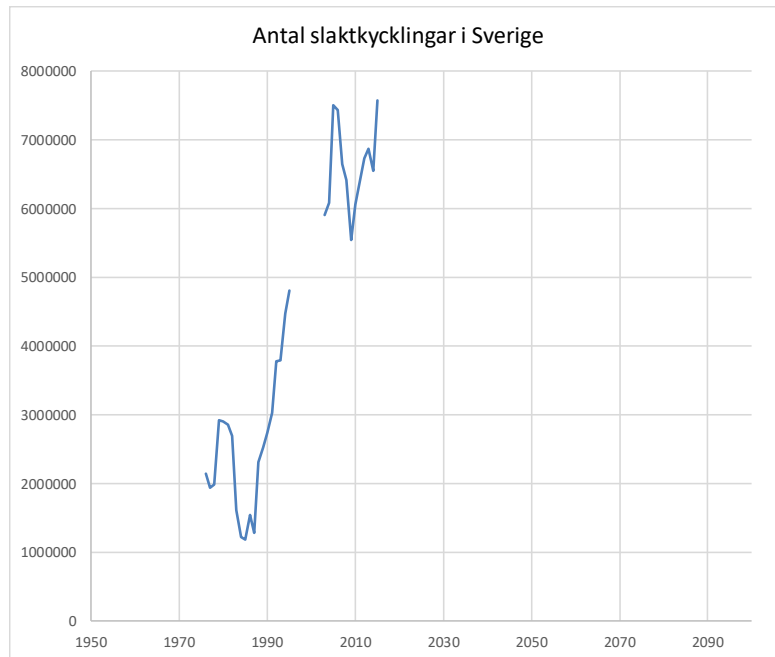
	Alla grisar		Suggor och smågris		Slaktgrisar	
Antal djur (medeltal 2005-2015)	1 480 000		570 000		905 000	
Netto minskning antal djur/år	32 500		15 100		17 200	
Utökning antal platser/år	25 000	1,7%	11 000		13 900	1,5%
Antal platser ur produktion	57 500	3,9%	26 100	4,6%	31 100	3,4%

Antal platser tagna ur produktion är en uppskattning som beräknats som summan av nettominskning av antal djur och utökning av platser enligt förprovingsstatistiken.

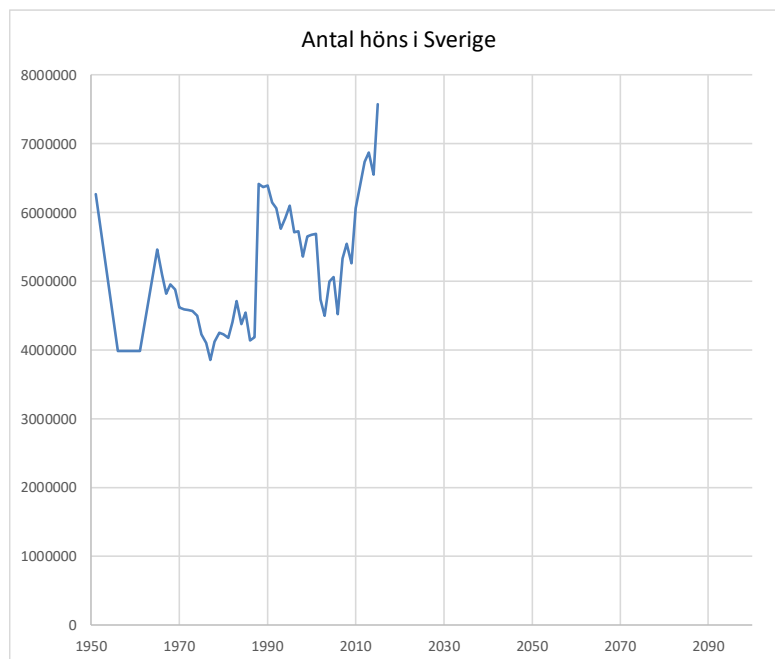
Baserat på dessa data kan man uppskatta att den genomsnittliga livslängden för en stallplats för grisar är 20-30 år.

## Stallar för fjäderfä

Figur 38. Antal slaktkycklingar enligt Jordbruksverkets årsstatistik.



Figur 39. Antal höns enligt Jordbruksverkets årsstatistik.



Tabell 8. Förändring i antal djur och stallplatser för fjäderfä Medeltal för perioden 2005-2015 (11 år) Utökning antal platser kommer från förprövningsstatistiken. Procentsatser i relation till antal djur i medeltal för perioden.

	Hönor		Slaktkyckling	
	Antal djur (årsmedeltal)	5 990 000		6 701 000
Årlig ökning antal djur	225 000		6 000	
Utökning antal platser/år	345 000	5,8%	355 000	5,3%
Antal platser tagna ur produktion	120 000	2,0%	349 000	5,2%

Antal platser tagna ur produktion är en uppskattning som beräknats som nettoökningen av antal djur minus utökning av platser enligt förprövningsstatistiken.

Baserat på dessa data kan man uppskatta att den genomsnittliga livslängden för en plats för hönor är 50 år och en plats för slaktkyckling är 20 år..

### Livslängd och nybyggnadsaktivitet för stallbyggnader

Ovanstående statistik säger ingenting om byggnadsbeståndets åldersprofil. En del gamla stenladugårdar lever vidare och ger plats för mindre krävande djurproduktion, men min erfarenhet är att nästan alla stallar som byggdes på femtio och sextiotalen antingen är helt tagna ur drift eller används för enklare djurhållning.

Siffrorna ovan tyder på att livslängden i medeltal är ca 30 år. Det betyder att nästan alla stallar som är i drift idag kommer att ha tagits ur produktion om 75 år.

Med en så snabb omsättningshastighet så kommer man inte att få några stora problem med att bygga om befintliga stallar utan nya klimatanpassade stallar kommer att byggas allt eftersom klimatet förändras.

### Vektorburna sjukdomar

Det är mycket svårt att förhindra att insekter kommer in i djurstall. Nät med så små maskor som behövs för att hindra mygg och liknande att komma in sätts snabbt igen och blockerar ventilationsflödet.

Ett annat problem är alla öppningar i ett stall som ofta står öppna för djurtrafik och transporter av foder och gödsel.

Skydd mot vektorburna sjukdomar kan knappast heller kombineras med djurskyddskrav på utegång.

Figur 40. Insektsnät placerad i tilluften på ett stall. Redan efter något år är nätet igensatt.



Utomlands i områden med detta problem hanteras det genom rutinmässig kemisk bekämpning på djur och i anläggningar t.ex. genom sprayning eller draperier indränkta i insektmedel.

## Slutsatser

### Effekter på kort sikt

I det korta perspektivet fram till 2040 kommer den främsta effekten av den globala uppvärmningen vara att vintrarna blir mycket mildare, särskilt i norra Sverige samt att nederbördsmängderna ökar. Eftersom ökningen av sommartemperaturerna är begränsad så behövs det inte några stora förändringar av befintliga stallar med hänsyn till värmestress.

Man kan räkna med att det blir ännu vanligare med svalkningsfläktar och duschning av djuren.

I de stallar som tar in tilluften via ett vindsutrymme kan det vara aktuellt att minska förvärmningen av tilluften genom isolering på undersidan av yttertak.

Nya stallar för nöt kommer i allt högre grad byggas som öppna väderskyddande byggnader. I vilken utsträckning det kan bli aktuellt med ranchdrift beror på hur den ökade nederbörden påverkar markförhållandena på tänkbara permanenta betesmarker.

Troligtvis kommer vi att se en utveckling av enklare isolerade stallar för grisar som är klimatreglerade på vintern men som har öppningsbara väggar på sommaren. Detta förekommer inte i Sverige idag, men i länder med varmare klimat.

### Effekter på lång sikt

Inte heller på lång sikt (framåt 2090) förväntas dramatiska effekter på sommartemperaturerna. Med det varmaste scenariet RCP8,5 innebär uppvärmningen att Luleå kommer att få ungefär samma klimat som man nu har norra Polen och Tyskland, Uppsalas klimat kommer att likna nuvarande förhållanden i Frankfurtområdet och Skånes klimat kommer att likna nuvarande klimat i norra Italien. Det är stora förändringar men en jämförelse med jämförelseorterna idag visar att de ändrade förutsättningarna kan hanteras med känd teknik. Med tanke på lantbruksbyggnadernas livslängd som kommer anpassningen kunna ske inom ramen för en normal nybyggnadstakt.

Den globala uppvärmningen kan få drastiska effekter på naturen i Sverige, men när det gäller djurstallar så går förändringarna att hantera genom en gradvis anpassning av de nya stallar som byggs.

### **Andra effekter**

Klimatförändringarna i form av ökad nederbörd kan anledning till att justera anvisningarna för lagring av gödsel.

Klimatförändringarna kan också aktualisera justeringar av djurskyddsbestämmelserna t.ex. när det gäller krav på utgång eller bestämmelserna om spaltgolv. Större andel spaltgolv kan förväntas ge bättre boxhygien i ett varmt klimat med duschning av grisarna, men har andra negativa effekter på beteende, ben och klövar.

### **Vektorburna sjukdomar**

När det gäller skydd mot vektorburna sjukdomar så är det inte möjligt att använda insektsnät eller liknande mekaniska för att hindra vektorerna att komma in i stallet. Det beror på att näten snabbt sätts igen och att man ofta måste bryta barriären för transporter in och ut ur stallat. Det är också svårt att se hur ett sådant skydd skulle kunna kombineras med betesdrift.

### **Animalieproduktionens förutsättningar**

Under lång tid har både antalet jordbruksföretag och djur minskat stadigt när det gäller nötkreatur och grisar. Beroende på konjunkturen har det förekommit ganska kraftiga svängningar, men den långsiktiga trenden är tydlig. Den främsta orsaken till att många stallar tas ur produktion redan efter 20 till 30 år är strukturrationalisering och dålig lönsamhet.

När det gäller fjäderfä så har utvecklingen på senare år sett annorlunda ut.

Den globala uppvärmningen kan göra produktionsförhållandena i Sverige mer konkurrenskraftiga jämfört med jordbruksområdena längre söderut i Europa. Man kan hoppas att den negativa utvecklingen kan brytas och att klimatförändringarna skapar förutsättningar för utbyggnad och lönsam produktion i Sverige. Det finns dock andra nordliga områden som också skulle kunna gynnas, t.ex. i Kannada och Ryssland, och det är en öppen fråga om hur vi klarar den konkurrensen.