

## Slutrapport

### **Digitalt fjäderfästall för utvärdering och förbättring av stallklimat**

**Projektnummer:** R-18-62-990

**Projektperiod:** 2018-05-01 – 2019-04-30

**Huvudsökande:**

*Helene Oscarsson*

*Vreta Kluster*

[helene.oscarsson@vretakluster.se](mailto:helene.oscarsson@vretakluster.se)

**Medsökande och författare till slutrapporten:**

*Malin Alm*

*Vreta Kluster*

*Roland Gårdhagen*

*Linköpings Universitet*

*Max Jamieson*

*HIR Skåne*

### **Detailed summary**

In a laying hen stable it is important that temperature, humidity, carbon dioxide and ammonia are kept at specific levels in order to obtain a good stable climate. This can however be a major challenge for many producers, especially during winter. If the stable climate works poorly it can adversely affect both animal health, production and the working environment. However, when climatic problems arise, it can be very difficult to know what efforts are needed and how to improve the situation. The aims of the project were therefore to evaluate the possibility of establishing a digital poultry stable to test and simulate different scenarios and measures in order to improve the stable climate and contribute to a wider general understanding in the field for how to achieve the improvements.

To ensure that the computer model was designed according to the real conditions and needs of the industry, a workshop was organized with various actors in the egg industry. A literature study was also conducted in order to investigate what has previously been done in the field of stable climate and digitalisation. Then an advanced computer model was built based on dimensions from a real laying hen stable and Computational Fluid Dynamics (CFD) was applied for the simulations. A great series of tests to find the right settings and a reasonable level of complexity followed. If the calculations become too advanced, it will take several months to process the simulations. The aim was to create a digital model that can easily be adapted to different existing stables or a new building, hence finding some simplifications and estimates was important.

Projekt har fått finansiering genom:

The results of the simulations confirmed that the model seems to work and that it has the ability to predict the climate conditions indoors. By looking at for example the air flow, it was possible to identify possible causes for some known problems such as poor litter condition at specific areas in the stable. Now the digital model needs to be refined and further validated through tests and simulations in real poultry stables. Hopefully, the digital poultry stable will then be able to be used as advisory guidance for farmers and thus contribute to an improved stable climate.

# Digitalt fjäderfästall för utvärdering och förbättring av stallklimat

*Malin Alm, Vreta Kluster; Roland Gårdhagen, Linköpings Universitet och Max Jamieson HIR Skåne.*

## Inledning

En av de största utmaningarna för lantbrukare i fjäderfäbranschen är att åstadkomma och upprätthålla ett bra stallklimat. Detta framkom tydligt både i en förstudie som Vreta Kluster genomförde 2016 där behov i fjäderfäbranschen kartlades samt i ett tidigare utfört SLF projekt (Alm och Jamieson, 2018). Där framkom att många lantbrukare antingen har problem med ammoniak eller damm i sina stallar. De upplevde att det var svårt att hålla ett bra stallklimat året om och att kunskapen avseende ventilation i allmänhet var dålig.

Ett bra stallklimat innebär att temperatur, luftfuktighet, koldioxid och ammoniak hålls på rimliga nivåer genom skötselrutiner och styrning av bland annat ventilation. Ett icke fungerande stallklimat påverkar både djurhälsa, produktion och arbetsmiljö negativt. Det är därmed av största vikt att arbeta för ett gott stallklimat.

Under diskussioner kring olika lösningar för att upprätta ett så bra stallklimat som möjligt, föddes idén om ett digitalt värphönsstall. I ett digitalt stall (dvs. en datormodell av ett stall) skulle man kunna genomföra simuleringar av olika typer av klimatproblem samt testa olika lösningar för dem innan man gör faktiska åtgärder i det befintliga stallet. Att testa olika scenarier på detta sätt skulle kunna bli mer kostnadseffektivt för lantbrukaren. Man kan då lättare se vilken åtgärd som borde ge bäst effekt och därmed väga in eventuella investeringskostnader. Det blir också mindre risk för störning hos djuren i och med mindre risk för att åtgärder sätts in som ger en obefintlig eller i värsta fall negativ effekt på stallklimatet. Dessutom skapar resultaten från denna typ av simuleringsmodeller möjligheten att faktiskt designa det optimala värphönsstallet. På sikt är förhoppningen att konceptet ska kunna utvecklas till en produkt och/eller tjänst som kan användas som rådgivningsunderlag ute hos lantbrukarna.

Syftet med projektet var därmed att utvärdera möjligheterna att upprätta ett digitalt värphönsstall för att simulera och testa olika scenarier och åtgärder för att förbättra stallklimatet. Syftet var därmed inte att åstadkomma en färdig datormodell i detta första skede, men förhoppningen är att detta ska vara möjligt på sikt. Om detta visar sig vara möjligt skulle det ge ökad förståelse kring varför olika klimatproblem uppstår samt vilka åtgärder som kan ge bäst effekt för att avhjälpa problemen.

Vidare är även syftet att generellt öka och sprida kunskap kring hantering av ventilation och stallklimat. Ett bra och fungerande stallklimat ger friska och välmående djur, god äggproduktion samt bättre arbetsmiljö. För lantbrukarna kan det också resultera i mindre arbetsbelastning genom att t ex inte behöva lägga tid på att kontinuerligt ta ut ströbädd som blivit dålig på grund av icke fungerande ventilation. Om man kan upprätta en simuleringsmodell för fjäderfästallar skulle denna även kunna anpassas till stall för andra djurslag som också är i behov av ett förbättrat stallklimat.

## **Materiell och metoder**

### ***Litteraturstudie***

En litteraturstudie genomfördes för att undersöka vad som tidigare gjorts inom området stallklimat och digitalisering. Litteraturstudien utfördes inom ramen för ett examensarbete på mastersnivå vid Linköpings Universitet och Avdelningen för mekanisk värmeteori och strömningslära vid Institutionen för ekonomisk och industriell utveckling.

### ***Workshop för kunskapsinhämtning***

För att samla in relevant information till stallsimuleringarna anordnades en workshop i Halland under Svenska Äggs utbildningsdagar i november 2018. Deltagarna var därmed olika aktörer inom äggnäringen. Workshopen inleddes med information om projektet och därefter följde grupparbete kring följande frågor:

1. Är det några speciella delar av ett stall som måste vara med och några som inte ska vara med?
2. Vad för typ av simuleringar skulle ni vara mest intresserade av?
3. Finns det några aspekter eller parametrar som redan känns självklara?
4. Övriga inspel?

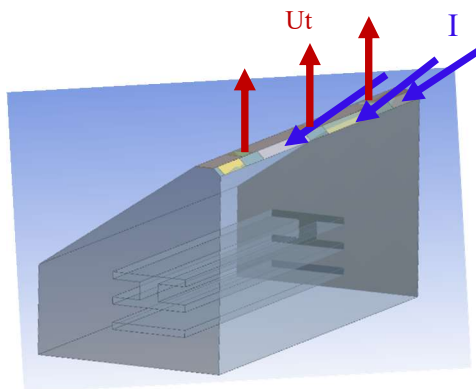
Efter grupparbetet hölls en gemensam diskussion kring frågeställningarna (se resultat och diskussion).

### ***Det digitala stallet***

Ett digitalt stall innebär en datormodell av byggnaden som kan användas för att simulera inomhusluftens rörelser, uppvärmning och kylning samt generering och spridning av partiklar och andra ämnen t ex koldioxid och ammoniak. Man kan säga att den digitala modellen består av två komponenter: byggnaden med dess inredning och en modell för vad som sker med och i luften. Med ett digitalt stall går det alltså på ett detaljerat sätt att simulera hur luften rör sig inuti stallet och därmed t ex snabbt identifiera områden med dålig luftväxling eller där strömningshastigheten är okomfortabelt hög för djuren. Om värmning och kylning inkluderas i modellen går det även att på samma sätt hitta områden som är varma eller kalla. Slutligen, om man även inkluderar fysiken för hur olika substanser rör sig i luften går det att modellera spridningen av ammoniak och koldioxid.

Den stora fördelen med en digital (datoriserad) modell är dock den i princip obegränsade möjligheten att utvärdera nya koncept och scenarier för byggnader utan att dessa behöver byggas; man kan först utvärdera vad som under vissa förhållanden skulle vara optimal

design av lokal och ventilationssystem och därefter gå vidare med det. Det går både att utvärdera helt nya stall och att studera förändringar i befintliga konstruktioner.



**Figur 1.** Semitransparent bild av ett generiskt stall med aviär inuti. I taket (nocken) finns in-och utblås för ventilationsluften. Det är enkelt att justera storleken på ingående delar såsom aviärer och väggar, och det går även snabbt att lägga till och ta bort komponenter. För effektivt utnyttjande av beräkningsresurser kan man med fördel utnyttja symmetrier i modellen, t ex i den stora väggen/planet under ventilationsutrustningen.

När det gäller den del av modellen som hanterar/beräknar luften och dess rörelser tillämpas här en väl beprövad och etablerad teknik kallad Computational Fluid Dynamics (CFD) implementerad i en kommersiell, väl validerad programvara (ANSYS Fluent, v19.2, ANSYS INC. Canonsburg, PA, USA). För denna finns en mängd olika alternativ och inställningar att bestämma gällande olika typer av fysik som nämnts tidigare. En stor del av detta projekt handlade om att hitta inställningar och lagom komplexitetsnivå för ett fjäderfästall.

Simuleringsmodellerna blir snabbt väldigt beräkningstunga och beräkningarna kan ta lång tid att genomföra (i vissa fall månader), därför är det ofta angeläget att hitta rimliga förenklingar och approximationer. I detta projekt har målet varit att ta fram en generisk digital modell som enkelt skall kunna anpassas till befintligt eller tänkt nytt stall. Enklare sätt att hantera olika fysikaliska fenomen har valts, då dessa på ett relativt snabbt sätt kan visa möjligheten att utveckla digitala stall, och att belysa styrkor och svagheter att fördjupa sig i vid framtida utvecklingsarbeten. För den geometriska modellen (byggnad och inredning) användes mått från ett befintligt stall (för att få realistiska värden) med aviärer. En central del för denna tillämpning är sedan hur dessa skall utformas i modellen och hur djurens närvaro inkluderas.

Som alla modeller behöver även denna typ någon form av indata som styr vilka förhållanden det är som skall simuleras. I detta fall handlar det om att bestämma vilka klimatrelaterade parametrar som är centrala för detta för att kunna uppskatta/mäta dessa och mata in i modellen. Det kan t ex vara omgivningstemperatur, vindförhållanden runt byggnaden, solstrålning, luftfuktighet och in-/utflöden.

Arbetet har genomförts på Linköpings universitet främst i form av ett examensarbete på mastersnivå. Studenten har under handledning och med vägledning från projektgruppen utvärderat olika alternativ och i slutrapporten presenterat ett funktionellt koncept.

## Resultat och diskussion

### *Litteraturstudie*

Under litteraturstudien kunde man konstatera att metodiken för stallsimuleringen som använts i detta projekt (CFD) tidigare har använts för såväl fjäderfästall som för andra typer av byggnader för djur. Relaterat till fjäderfä har tidigare publicerade arbeten omfattat studier från undersökningar om hur formen på enskilda djur påverkar strömningsbilden till undersökning av ammoniakkoncentration i stallet och effektiv ventilation av byggnaden. Värt att notera är att de publicerade studierna har haft fjäderfästall i bland annat Spanien och Brasilien som förlagor, dvs. området är internationellt relevant.

I likhet med vad som gjordes i studien av Saraz m fl. (2016) valdes i denna förstudie att låta värme och kemiska substanser ”genereras” från ytorna i lokalen, t ex golv och aviärer, då enskilda djur inte tagits med. Preliminärt verkar resultaten tillfredsställande. En förfining av modellen skulle kunna vara att som Cheng m fl. (2018) lägga in mindre delar med någon form av porös media på ställen där djuren brukar uppehålla sig och låta värme med mera komma från dessa. Fördelen är att det porösa mediet delvis blir genomsläppligt för luften, vilket på ett ännu mera realistiskt sätt skulle kunna representera hur djuren och deras rörelser påverkar luften. För en mer utförlig genomgång av litteraturstudien se examensarbetet (Chifwa, M.C.).

### *Workshop för kunskapsinhämtning*

En sammanställning av svaren och diskussionen kring de fyra frågorna från workshopen:

1. Det kom fram flera förslag på vad som borde vara med i en simulering. Det som var tydligast var att man bör titta extra på hur man kan få in hönsen i simuleringen. Både hur de påverkar luftflöden men även deras emissioner. Några tyckte också att det var viktigt att få med utomhusparametrarna då de påverkar inneklimatet i mycket stor utsträckning.
2. Många efterfrågade simuleringar kring hur olika åtgärder inne i stallet påverkar stallklimatet. Exempelvis att sätta cirkulationsfläktar. Det efterfrågades även simuleringar med hål i ytterväggarna för att kunna försöka få bukt med klimatproblem i ekologiska stallar.
3. Det framkom att det är viktigt att man använder så verklig indata som möjligt för att få fram så verkliga resultat som möjligt. Man bör inte heller överdriva ströbäddens tjocklek.
4. Ljussimuleringar och VR-utbildning efterfrågades. Det görs idag ljussimuleringar av ljuset i stallarna men endast av säljare. Det skulle vara intressant med oberoende ljussimuleringar.

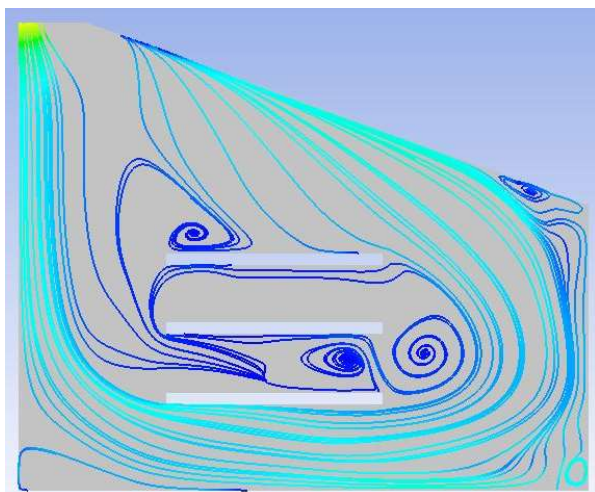
Resultaten från workshopen har fungerat som ett styrdokument under det fortsatta arbetet för att se till att projektet höll sig relevant till vad näringen har efterfrågat. Vissa delar har kunnat implementeras direkt i projektet andra delar har ansetts för komplexa att kunna tas med i detta skede i projektet. Däremot kommer vikt läggas på att de mer komplexa delarna kan tas med i framtida projekt där simuleringsmodellen utvecklas vidare. Exempelvis bör hönornas rörelser över dygnet kunna läggas in i modellen för att simuleringen ska bli så verklighetstrogen som möjligt.

Generellt vill näringen erbjudas mer oberoende rådgivning i denna typ av frågor och känslan hos deltagarna var att detta är något som kan komma att användas i framtiden.

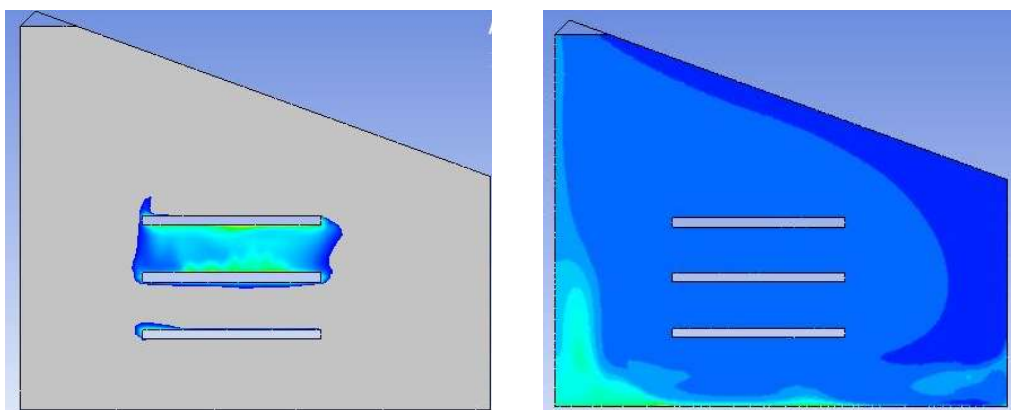
### ***Det digitala stallet***

Resultaten bekräftar modellens funktion och förmåga att prediktera klimatförhållandena inomhus. Någon ingående validering har ej genomförts, utan kommer att ske i nästa steg. Strömningstekniskt ser dock utdata fullt rimliga ut och vissa kända problem och möjliga orsaker till dem har redan kunnat identifieras. Som nämnts är det sedan även möjligt att utvärdera olika typer av förbättringsåtgärder såsom cirkulationsfläktar och värmeväxling.

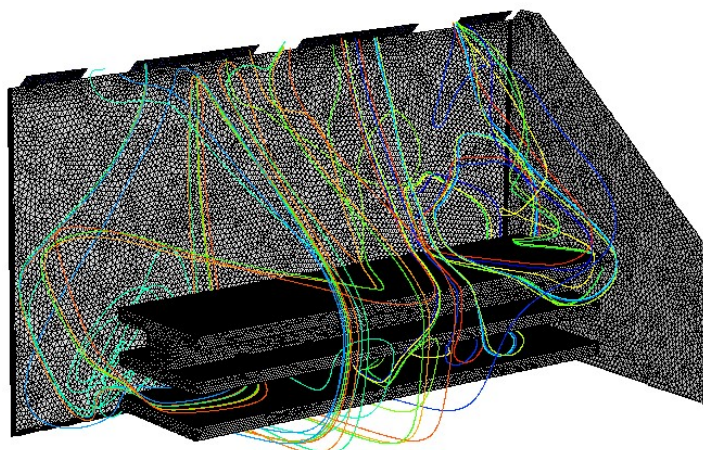
För detta arbete konstaterades tidigt att det inte är möjligt att i simuleringen ta med djuren på individnivå då det är fråga om tiotusentals; det handlar istället om att inkludera effekterna av dem på ett adekvat sätt. I förstudien har några undersökts och funktionella alternativ funnits, dock finns anledning att i kommande arbeten fortsätta utvärdera detta.



**Figur 2.** Med strömlinjer visualiseras här strömningen i ett tvärsnitt av byggnaden. Utloppet sitter uppe till vänster och inblåsningen sker just bredvid detta längs det sneda taket. Det är tydligt hur områden med återcirkulation och dålig luftväxling uppstår i det nedre högra hörnet i bilden. Detta kan ge ogynnsamma förhållanden för ströbädden och förklara kända fuktproblem i dessa områden.



**Figur 3.** I ett annat scenario studeras CO<sub>2</sub>- (vänster) och ammoniakhalt (höger). I exemplet genereras CO<sub>2</sub> från djuren som i detta fall tänks befinna sig på aviärerna. På grund av begränsat genomflöde av frisk luft blir koncentrationen relativt hög, illustrerad av grönare nyanser. Ammoniaken tänks i bilden till höger komma från spillningen som hamnar på golvet och dess koncentration (högre ju ljusare nyans) är därför störst där. Till viss del följer gasen med den passerande luften, men bortförseeln förefaller i detta fall vara otillräcklig.



**Figur 4.** Visualisering av hur partiklar/luft rör sig från inlopp, genom byggnaden och mot utloppet. Stora variationer upptäcktes, vissa luftströmmar tenderar att "fastna" i lokalen, medan andra cirkulerar i större eller mindre omfattning och lämnar sedan lokalen.

Ur ett visualiseringsperspektiv finns både möjligheter och utmaningar. Simuleringarna producerar stora (enorma) mängder data – big data – som måste hanteras och presenteras. I examensarbetet belyses några alternativ. Relaterat till detta är också hur man med automatik kan identifiera områden i stallet där förhållandena är otillfredsställande eller direkt skadliga för djur och personal, samt på ett tydligt sätt visar vad och var problemet är, gärna utan att lantbrukaren behöver vistas i byggnaden. Här kan det finnas potential för användning av augmented reality (AR) eller virtual reality (VR).

För mer utförlig beskrivning av det digitala stallet se examensarbetet (Chifwa, M.C.).



### **Informationsspridning**

I april 2019 hölls ett slutseminarium på Vreta Kluster där resultaten från projektet presenterades och diskuterades. Seminariet var välbesökt med representanter från många olika led i näringen vilket tyder på ett stort intresse för denna typ av frågor. Deltagarna kom med bra input och var positiva till att en utveckling av denna typ av simuleringsverktyg nu görs då man tror att det kan komma till stor användning framöver. Även betydelsen av ett sådant verktyg för andra produktionsgrenar lyftes. Information om projektet har också spridits genom andra medier (se resultatförmedling).

### **Slutsatser**

Efter slutfört projekt kan man konstatera att en digital modell av ett fjäderfästall är möjlig att upprätta. Resultaten bekräftar datormodellens funktion och att den har förmåga att prediktera klimatförhållandena i stallet baserat på olika indata. Nu återstår att validera och förfina datormodellen ytterligare genom simuleringar i befintliga stallar.

Baserat på den input som inkommit under projektets gång kan man också konstatera att intresset och behovet av potentiella förbättringsåtgärder avseende stallklimat är stort.

### **Nytta för näringen och rekommendationer**

För att på sikt kunna använda det digitala stallet som ett rådgivningsunderlag ute hos lantbrukarna behöver datormodellen förfinas och valideras genom ytterligare tester och simuleringar. Projektgruppen ser potential att fortsätta utvecklingsarbetet och avser att arbeta för detta. Efter slutseminariet etablerades bland annat en internationell kontakt som är mycket intresserad av att samarbeta. Tillsammans har en ny ansökan lämnats till Formas för vidareutvecklingen av den digitala modellen.

### **Referenser**

Alm, M. och Jamieson, M. (2018) *Utvärdering av digitala innovationer för mätning och styrning av klimat i fjäderfästallar*. Stiftelsen lantbruksforskning (Slutrapport R-17-20-003). <https://www.lantbruksforskning.se/projektbanken/utvardering-av-digitala-innovationer-for-matning-o/>.

Cheng, Q., Wu, W., Li, H., Zhang, G., & Li, B. (2018). CFD study of the influence of laying hen geometry, distribution and weight on airflow resistance. *Computers and Electronics in Agriculture*, 144, 181-189.

Chifwa, M.C. (uå) *Methodology Development of a CFD Investigation of Alternative Housing for Laying Hens*. Linköpings universitet. Opublicerat examensarbete.

Saraz, J. A. O., Tinôco, I. de F. F., Rocha, K. S. O., Mendes, L. B. & Norton, T. (2016). A CFD based approach for determination of ammonia concentration profile and flux from poultry houses with natural ventilation. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 69, 7825–7834.

## Resultatförmedling

<b>Muntlig kommunikation</b>	<p>Slutseminarium på Vreta Kluster (2019). Max Jamieson och Roland Gårdhagen presenterade resultaten av projektet samt fick input från deltagarna för fortsatt utveckling av den digitala modellen. 2019-04-02.</p> <p>Svenska Äggs Stämma i Halmstad (2019). Max Jamieson presenterade projektet under producentmötet. 2019-03-12.</p>
<b>Studentarbete</b>	<p>Mailen C. Chifwa (uå) <i>Methodology Development of a CFD Investigation of Alternative Housing for Laying Hens</i>. Linköpings universitet. Opublicerat examensarbete.</p>
<b>Övriga publiceringar</b>	<p>Carolina Wahlberg (2018) Utmaningen- Bättre stallklimat. <i>Jordbruksaktuellt</i>, 2018-06-30. <a href="https://www.ja.se/?p=57484&amp;pt=105">https://www.ja.se/?p=57484&amp;pt=105</a>.</p> <p>Sven Secher (2019) Digitalt stall – ett av två intressanta projekt. <i>Tidningen Fjäderfä</i>, Nr 4, 2019. <a href="http://www.fjaderfa.se/?p=21560&amp;m=3223#.XbcXsiNKiUk">http://www.fjaderfa.se/?p=21560&amp;m=3223#.XbcXsiNKiUk</a>.</p> <p>Monica Westman Svenselius (2019) De vill ge äggläggande damer en bättre miljö. <i>Linköpings Universitet</i>. 2019-04-15. <a href="https://liu.se/nyhet/de-vill-ge-agglaggande-damer-en-battre-miljo-">https://liu.se/nyhet/de-vill-ge-agglaggande-damer-en-battre-miljo-</a>.</p>