



Europeiska jordbruksfonden för
landsbygdsutveckling: Europa
investerar i landsbygdsområden

Minskad ammoniakavgång i värphönsstallar

- Resultat och erfarenheter från genomfört projekt

September 2019

Alexandra Jeremiasson och Birgitta Carlsson, Svenska Ägg
Max Jamieson och Cecilia Hagberg, HIR Skåne,
Erik Gotborn, Energikontoret Östra Götaland



HIR Skåne



Energikontoret
ÖSTERGÖTLAND

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
SUMMARY	4
BAKGRUND	5
SYFTE	6
METOD	6
1. LITTERATURSTUDIER.....	8
1.1 INLEDNING	8
1.2 BAKGRUND	8
1.3 INDELNING AV METODER.....	8
1.4 NUTRITION	9
1.5 TILLSATS AV ÄMNEN I STRÖBÄDD	10
1.6 SKÖTSELROUTINER	11
1.7 TEKNISKA LÖSNINGAR.....	12
1.8 ÖVRIGA LÖSNINGAR	12
2. INTERVJUER MED PRODUCENTER	13
2.1 SAMMANFATTNING	13
2.2 INTERVJU 1	13
2.3 INTERVJU 2	14
2.4 INTERVJU 3	14
2.5 INTERVJU 4	14
2.6 INTERVJU 5	15
2.7 INTERVJU 6	15
2.8 INTERVJU 7	16
2.9 INTERVJU 8	16
2.10 INTERVJU 9	16
3. FÖRSÖK I TESTMILJÖ.....	17
3.1 ZEOLIT	17
3.1.1 Bakgrund	17
3.1.2 Hypotes.....	17
3.1.3 Metod.....	17
3.1.4 Resultat	19
3.1.5 Diskussion	22
3.1.6 Slutsats	22
3.2 INSTALLATION AV VÄRMEVÄXLARE	23
3.2.1 Bakgrund	23
3.2.2 Hypotes.....	23
3.2.3 Metod	23
3.2.4 Resultat	27
3.2.5 Diskussion	32
3.2.6 Slutsats	34
3.3 KLIMATANLÄGGNING, VENTILATION OCH AMMONIAKAVGÅNG	35
3.3.1 Bakgrund	35
3.3.2 Hypotes.....	35
3.3.3 Metod	35
3.3.4 Resultat och diskussion	36
3.3.5 Slutsats	38
4. ANALYS OCH REKOMMENDATIONER	39
REFERENSER	41
LITTERATURGENOMGÅNG	41

Projektrapport

FÖRSÖK I TESTMILJÖ – ZEOLIT	42
INSTALLATION AV VÄRMEVÄXLARE	42
KLIMATANLÄGGNING, VENTILATION OCH AMMONIAKAVGÅNG TILL STALLUFT.....	42
BILAGA 1. INTERVJUER MED PRODUCENTER-FRÅGEFORMULÄR.....	44

Sammanfattning

Den svenska äggproduktionen utvecklas positivt, konsumtionen ökar och antalet värphöns likaså. Omställningen från burhållning till allt fler anläggningar för frigående höns går fort. Vi har 2019 drygt 8,3 miljoner värphöns i Sverige, varav ca 90 % är frigående.

I de svenska djurskyddsföreskrifterna (L111, § 26) anges att fjäderfän endast tillfälligtvis får utsättas för luftföroreningar som överstiger 10 ppm ammoniak m.m. För många producenter med anläggningar för frigående höns har ammoniakkoncentrationen i stallen blivit en av de största utmaningarna, främst på grund av de stora ströbäddsytor där hönsen sprätter och gödslar. Mikroorganismer bryter ner kvävet i gödseln och bildar ammoniak. Processen gynnas framför allt av fukt men även av högre temperatur och högt pH. Då ammoniakemissioner är ett problem både för miljön i stort genom att bidra till försurning av sjöar och vattendrag, samt för djurvelfärd och arbetsmiljön i stallet är det viktigt att åtgärder vidtas för att minska ammoniakavgången.

Litteraturen ger att man kan angripa problemet på många olika sätt. Med högre andel fibrer i fodret eller ett mer optimerat foder kan mängden kväve som utsöndras i träcken minska. Tillsatser av exempelvis någon syra eller ett superfosfat som Stalosan® i ströbädden kan sänka pH, bidra till att torka upp ströbädden eller på annat sätt minska den mikrobiella aktiviteten. Skötselrutiner som att hålla en lagom tjock ströbädd minskar mängden gödsel som kan bilda ammoniak och en välfungerande ventilation är A och O för att hålla en torr ströbädd och ett jämnt och bra stallklimat med låga koncentrationer av ammoniak.

Från intervjuerna, som gjordes i projektet, framgick att sju av de nio producenterna hade problem med ammoniak i sina stall. Fyra av dem angav dock att de efter att ha vidtagit ett flertal åtgärder nu har ett bra stallklimat. De viktigaste åtgärderna som nämndes var att använda tillskottsvärme och att kontinuerligt minska ströbäddstjockleken. Samtliga producenter var eniga om att det var viktigt att optimera ventilationssystemet, vilket både kräver tid och engagemang.

Inom projektet har tre praktiska försök genomförts där olika metoder för att minska ammoniakavgång har studerats; Zeolit som fodertillsats för att absorbera ammoniak i träcken samt höja gödselns ts-halt, installation av värmeväxlare för att på ett energieffektivt sätt återvinna värmen i stalluften samt optimering av klimatanläggning. I zeolitstudien noterades en något högre ammoniakkoncentration i det stall där hönsen fått zeolit. Ströbäddskvaliteten blev något bättre men under de förutsättningar som rådde under försöksperioden var inte inblandningen i fodret tillräcklig för att ge någon signifikant effekt och sänka ammoniakavgången i stallet. Delstudien om klimatanläggningen och ventilationens påverkan på ammoniakavgången visade vikten av en korrekt dimensionerad ventilation men även av att både mekaniska inställningar och styrning är optimerad. Djuren producerar mycket fukt och koldioxid vilken måste ventileras ut för att bibehålla ett bra stallklimat. Fläktar och tilluftsdon måste reglera luftutbytet så stallklimatet blir jämnt utan fickor med sämre luftkvalitet eller skikt mellan varmare och kallare luft. Hönor är dessutom känsliga för drag och mycket luftrörelser över gödslade ytor som gödselband och ströbäddar ökar ammoniakavgången och bör undvikas. Att använda någon form av tillskottsvärme är ett bra sätt att bibehålla ett bra stallklimat även vintertid. Då kan önskat luftutbyte fortlöpa utan att temperaturen i stallet sjunker. Tillskottsvärme minskar den relativa fuktigheten i stallet och leder till torrare ströbäddar med minskad ammoniakavgång som följd. En värmeväxlare kan vara ett energieffektivt alternativ till andra värmekällor som olje-, flis- eller halmeldning. I studien av värmeväxlare bidrog den återvunna värmen till att hålla ammoniakkoncentrationen i stallet på väldigt låg nivå. Litteraturen visar även att jämfört med andra värmekällor har värmeväxlaren en låg klimatpåverkan.

Summary

During several years there has been a positive development of the Swedish egg sector with an increasing number of hens and an increasing production per hen to meet the rise in egg consumption. At the same time there has been a quite fast transition from enriched cages into loose housing. In 2019 there are about 8,3 million layers in Sweden of which approximately 90 % are loose housed with or without access to pasture.

The Swedish animal welfare legislation has an upper limit of 10 ppm ammonia in layer stables with enriched cages or multi-tier systems. This regulation has become one of the most challenging requirements for the producers to fulfill. The stables with multi-tier systems have large litter areas where microbes produce ammonia from nitrogen in the manure. The process is favoured by moisture, heat and a high pH. Ammonia is a harmful gas, which causes damage to the environment by contributing to acidification of lakes and watercourses. In the layer stables it has adverse effects on both animal welfare and the work environment by causing damage in the respiratory tract, hence the legislation of an upper limit of 10 ppm. It is therefore important that action is taken to reduce the production of ammonia in the layer barns.

According to literature, you can address the issue in several different ways. An optimized feed composition can result in less nitrogen in the manure. Addition of a mild acid or a super phosphate such as Stalosan® in the litter can lower the pH, help to dry the litter or by other means reduce the microbial activity in the litter. Routines that decrease the amount of litter decreases the amount of manure that can emit ammonia and well functioning ventilation system is crucial to keep the litter dry and a climate with low levels of ammonia.

Nine producers were interviewed in the project, seven of them stated that they had problems with high levels of ammonia in their stables with loose housing. After applying several different measures, four of producers said that they now had a good indoor climate. The most important measures, according to the producers were installation of heat sources and a continuous removal of litter. All producers agreed that it was of great importance to put a lot of effort into optimizing the ventilation system.

Within this project three different methods to reduce ammonia have been evaluated; Addition of 1 % zeolite to the feed, installation of a heat exchanger and optimization of the ventilation system. In the zeolite study the concentration of ammonia was, opposite the hypothesis, slightly higher in the treatment stable compared to the control stable. The study which focused on the ventilation system showed that except being correctly dimensioned for the size of the barn and the number of animals the ventilation system needs to be adjusted properly to achieve an optimized climate in the barn. The animals produce a lot of moisture and CO₂ that need to be removed but it is important that the air movements are not too large. Hens do not like draught and a high air movement over the manure belts and the litter areas will instead increase the production of ammonia. The third study showed that installation of a heat exchanger appears to be a good solution to keep a good indoor climate during wintertime. When you can add heat the air change can continue without a loss of temperature. Heat reduce the relative humidity in the stable which results in a drier litter and less ammonia production. Compared to other heat sources as heating oil, woodchips or straw the heat exchanger showed to be an energy efficient alternative. The literature also concludes that it has less climate impact. The energy the heat exchanger recovered from the barn contributed to keep the ammonia concentration at a very low level during the whole trial.

Bakgrund

I Sverige har det de senaste åren skett en tydlig övergång till inhysningsalternativ med frigående höns där andelen ströbäddsyta i stallen är större jämfört med i stallar med inredd bur. Sommartid är stallklimatet sällan ett problem men vintertid har många producenter svårt att hålla ammoniakkoncentrationen i stallen under gränsvärdet på 10 ppm. Detta har påvisats i de ammoniakmätningar som görs inom Svenska Äggs omsorgsprogram samt vid Länsstyrelsernas offentliga kontroller. En bakomliggande orsak till detta är ströbädden där hönsen sprätter och gödslar. Den kraftigt förhöjda fuktigheten i utomhusluften som ventileras in i stallen regniga höstar och vintrar bidrar till en ökad ammoniakavgång från gödseln i ströbädden.

En förhöjd koncentration av ammoniak i stalluften medför en försämrad arbets- och djurmiljö. Förutom de uppenbara djurskydds- och arbetsmiljöskälen uppstår även en negativ effekt på företagets ekonomi. Förhöjda nivåer ammoniak i värphönsstallar kan resultera i såväl ökad mottaglighet för sjukdomar, ökad känslighet vid vaccination samt minskad produktion och/eller försämrad äggkvalitet (David et al. 2015).

Samtidigt som ammoniakavgången från svenska värphönsstallar ökar, i och med den ökande andelen stallar med frigående värphöns, så skärps också kraven på minskad ammoniakemission från lantbruket. Det nya industriemissionsdirektivet (2010/75/EU från den 24 november 2010) som har fastslagits för frigående värphöns inom EU (gäller för stallar med fler än 40 000 värphöns) har ett spann för tillåten ammoniakemission från 0,02 till 0,13 kilo ammoniak per djurplats och år. Ekologisk produktion är undantagen. En äldre beräkning utförd av Sivert Johansson (ventilationsexpert fjäderfästallar, pers. medd.) visar dock att motsvarande värden för svensk äggproduktion ligger mellan 0,15 och 0,18 kilo ammoniak per djurplats och år. Det finns därför behov av kunskap och metoder för att minska avgången av ammoniak från stallar med frigående värphöns.

Olika metoder för att rena den luft som lämnar stallen är inte tillräckligt för att minska ammoniakemissionen från värphönsstallar. Dessutom har de ringa inverkan på den miljö hönsen vistas i. Ammoniak är en giftig gas som måste hållas på en låg nivå av djurskydds- och arbetsmiljöskäl. Fokus måste därför läggas på att hitta kostnads- och arbetseffektiva metoder för att hålla ammoniakproduktionen i stallen på en så låg nivå som möjligt. Detta medför i sin tur en mer konkurrenskraftig och hållbar produktion, en minskad ammoniakemission och mindre negativ påverkan på miljön.

Utifrån denna utmaning initierades detta projekt 2017 av Energikontoret Östra Götaland, Vreta Kluster, Branschorganisationen Svenska Ägg och LRF Konsult (LRF Konsults deltagande ersattes senare av HIR Skåne). En ansökan skickades in till Jordbruksverket inom pilot- och samarbetsprojekt rörande ”Biogas, klimatanpassning och minskade utsläpp av växthusgaser och ammoniak”. Finansieringen kom från Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling.

Projektgruppen har bestått av Erik Gotborn, Energikontoret Östra Götaland, Max Jamieson och Cecilia Hagberg, HIR Skåne samt Alexandra Jeremiasson och Birgitta Carlsson, Svenska Ägg.

Syfte

Syftet med detta pilotprojekt var att ta fram nya innovativa metoder för hur man kan arbeta med ammoniakavgång i värphönsstallar med friga höns med det långsiktiga målet att därigenom uppnå en positiv påverkan företagets ekonomi, miljöpåverkan, arbetsmiljö, djurhälsa och energianvändning.

För att projektets mål ska kunna uppnås identifierades ett antal delmål. De var:

1. Kartläggning och analys. Hur ser problembilden ut och vilka befintliga lösningar finns?
2. Vad är på väg in i form av innovationer och ny teknik?
3. Vad händer i andra branscher/geografier och hur kan man utveckla detta till hållbara lösningar i äggbranschen?
4. Egna försök i testmiljö (3-5 metoder).
5. Spridning av resultat och metoder till relevanta aktörer inom branschen.

Projektmålet var att ta fram en rapport med konkreta förslag på åtgärder som producenterna kan implementera i sina företag.

Effektmålen för projektet var att:

- Öka lönsamheten i svensk äggproduktion.
- Minska branschens miljöpåverkan i form av utsläpp av ammoniak.
- Förbättra arbetsmiljön och djurhälsan.
- Minska branschens utsläpp av växthusgaser genom förbättrad energieffektivisering.

I enlighet med ovan nämnda syfte och mål presenteras i denna rapport projektets genomförande och resultat.

Metod

För att få en bred kunskapsbas om problemet med hög ammoniakkoncentration i djurstall inleddes projektet med en omfattande litteraturstudie med fokus på djurvelfärd och hur man kan minska uppkomsten av ammoniak. Nästa steg var att intervjua ett antal äggproducenter för att få en inblick i hur stort problemet med förhöjda nivåer av ammoniak i värphönsstallarna upplevs vara samt vilka metoder de använder för att hålla ett bra stallklimat.

Tre praktiska försök utfördes inom projektet för att studera olika metoder att minska ammoniakavgång i värphönsstall.

- Zeolit som fodertillsats för att absorbera ammoniak i träcken samt höja gödselns ts-halt.
- Installation av värmewäxlare för att på ett energieffektivt sätt återvinna värmen i stalluften.
- Optimering av klimatanläggning, ventilationens påverkan på ammoniakavgången.

Efter att det första praktiska försöket, där fokus var Zeolit som fodertillsats var avslutat anordnades en workshop i Munkagård, den 20 november 2018. Temat var "Djurhälsa och stallklimat". Dagen innehöll föreläsningar om ventilation, stallklimat och djurvelfärd kopplad till stallklimatet och resultaten från det första försöket redovisades tillsammans med information från litteraturstudien. Dagen var välbesökt med totalt 33 deltagare från fjäderfäbranschen. I utvärderingen fick workshopen högt betyg av deltagarna.

Projektrapport

Resultaten från Zeolitstudien redovisades även på Svenska Äggs kontaktdagar i Linköping i oktober 2018 (branschmöte) samt på det Nordiska fjäderfämötet på Island i november 2018.

Efter att även försöket med värmeväxlare avslutats under våren 2019 genomfördes en slutkonferens på Bjärsjölagårds slott den 22 maj. På slutkonferensen redovisades alla delmoment i projektet; litteraturstudien, producentintervjuerna och resultaten från de praktiska försöken. Preliminära resultat på värmeväxlarstudien redovisades även på Svenska Äggs årsstämma i Halmstad i mars 2019. På slutkonferensen kompletterades programmet med en föreläsning om ammoniakemissioner och tillståndprocessen. Anette Bramstorp, HIR Skåne redogjorde för de nya BAT-bestämmelserna, MKB och vilka villkor som kan ställas på företagen i miljötillståndet rörande stallklimat. Leverantören av värmeväxlaren som studerades i ett av försöken var inbjuden för att föreläsa om utrustningens funktion, för- och nackdelar. Slutligen redovisade Astrid Lovén Persson, Svenska Ägg de preliminära resultaten från ett projekt om stallklimat och arbetsmiljö. 29 personer deltog och utvärderingen visade att de tyckte att dagen varit givande. Värt att kommentera är att 4 personer från Länsstyrelsen deltog och de var mycket nöjda och efterfrågade fler liknande aktiviteter framöver. En artikel från slutkonferensen publicerades i tidningen Fjäderfä nr 6, 2019. Samma artikel presenterades på Energikontoret i Östra Götalands hemsida. Värmeväxlarstudien kommer att presenteras i Hushållningssällskapet i Skånes tidning, Skånska Lantbruk, i oktober månads temanummer ”Bygg och Energi”.

I all extern kommunikation har EU-flaggan (EU:s logotyp för Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling) varit med och alla deltagare har upplysts om hur projektet har finansierats.

Under hela projektperioden hade arbetsgruppen löpande telefonmöten. I samband med uppstart av såväl zeolitstudien som värmeväxlarstudien träffades berörda deltagare på gården för fysiskt möte. Styrgruppen stämde av via Skype, ungefär varannan månad, att arbetet löpte enligt plan.

1. Litteraturstudier

1.1 Inledning

Utöver en ökad ammoniakemission från stallet orsakar en hög koncentration av ammoniak i stallluften en försämrad arbets- och djurmiljö. Förutom djurskydds- och arbetsmiljöskälen uppstår även en negativ effekt på företagets ekonomi. Förhöjda nivåer av ammoniak i värphönsstallar kan resultera i såväl ökad mottaglighet för sjukdomar, ökad känslighet vid vaccination samt minskad produktion och/eller försämrad äggkvalitet (David et al. 2015). Det är därför viktigt att sänka halten av ammoniak på ett kostnadseffektivt och energieffektivt sätt för att uppnå goda resultat avseende miljö, djurhälsa och ekonomi. I denna litteraturgenomgång sammanfattas nuvarande metoder samt metoder som omnämns som möjliga lösningar. Genomgången omfattar främst fjäderfä men lösningar hos andra djurslag har även inkluderats.

1.2 Bakgrund

För att hitta effektiva metoder för att reducera ammoniakavgången i ett djurstall behöver man ha en god kännedom om hur ammoniaken uppkommer och vad som påverkar dess produktion. I examensarbetet ”Luftkvalitet vintertid för frigående värphöns i stall utan tillsatsvärme” (Holmberg, 2013) beskrivs produktionen av ammoniak enligt följande;

Produktionen av ammoniak påverkas av det totala ammoniakkvävet i gödseln som består av ammoniak och ammoniumjoner. Jämvikten mellan dessa är beroende av pH och temperatur, när temperaturen och pH ökar, sker en förskjutning av jämvikten så att mer ammoniak bildas. När gödselns pH-värde sjunker kommer jämvikten att förskjutas åt andra hållet så att ammoniak istället övergår i ammoniumkväve. Ammoniumkväve är en positivt laddad jon och via negativt laddade joner kommer den att hållas kvar i gödseln. Detta innebär att vid låga pH-värden utgörs nästan allt ammoniakkväve av ammoniumjoner. Det kommer därvid att vara bundet i gödseln i stället för att avges till omgivande luft. Då ammoniaken inte är bunden i gödseln som ammoniumjoner, kommer dess avgång till omkringliggande luft att påverkas av flera faktorer. Den första är rådande koncentrationsskillnad mellan ammoniakmängden i gödseln och ammoniakmängden i luften ovanför gödseln. Den andra faktorn är luft rörelserna ovanför gödseln. Teoretiskt sett leder stillastående luft ovanför gödselytan till att jämvikt uppstår när luften blivit mättad med ammoniak. Ammoniaken bildar ett ”skyddande lager” som motverkar att mer ammoniak bildas och avgår. Om det ”skyddande lagret” av ammoniak avlägsnas via luft rörelser över gödseln kommer däremot avgången av ammoniak återigen börja öka för att försöka återställa jämvikten.

1.3 Indelning av metoder

De ammoniakreducerande metoder som omnämns i litteraturen kan indelas i fem undergrupper;

- Via olika nutritionella metoder minskas mängden utsöndrad kväve i träcken och på så sätt även mängden ammoniak i stallet.
- Via tillsats av olika ämnen i ströbädden påverkas ammoniakproduktionen från det utsöndrade kvävet i träcken, exempelvis genom att minska pH i ströbädden och på så sätt förskjuta produktionen mot ammoniumproduktion.
- Via olika mekaniska metoder kan ströbäddstockleken minskas och därmed mängden gödsel som kan avge ammoniak.
- Man kan även påverka stallens temperatur, luftfuktighet och luft rörelser.
- Via skötselrutiner såsom frekvens av utgödsling, placering av givare, ströbäddstjocklek mm kan ammoniakavgången också påverkas.

I slutet av sammanställningen ligger även gruppen övrigt som behandlar övriga metoder och förslag på tänkbara metoder som ännu är på försöksstadiet, exempelvis vaccination.

1.4 Nutrition

Ammoniakemissioner beskrivs kunna reduceras med upp till 50 % genom olika nutritionella strategier som reducerar kvävet i träcken och därmed minskar mängden ammoniak som frigörs i miljön (Esmail 2016). Nyckeln, enligt litteraturen, är att hönans foder bör komponeras så det ännu bättre möter hönans behov av aminosyror samt innehålla tillägg av fibrer.

Reduktion av protein i foderstaten: Vuxna fåglar kan inte lagra protein vilket innebär att överflödigt protein i fodret kommer att utsöndras som kväve i träcken. Foderstater där man har reducerat proteininnehållet med 2 % har visat sig kunna reducera ammoniakavgången från gödseln med upp till 24 % (Esmail 2016). Vid denna typ av proteinminskning i fodret är det dock mycket viktigt att man inte tar bort de essentiella aminosyror.

Fibrer: Tillsats av fibrer i fodret har också visat sig sänka ammoniakemissionerna från gödseln (Esmail 2016). Den ökade mängden fibrer bistår med energi till bakterierna i den nedre delen av tarmen. Dessa bakterier kommer då i högre grad använda kväve för sin bakteriella proteinsyntes och mindre kväve kommer därmed att utsöndras via träcken som urinsyra. Den bakteriella metabolismen kommer även att producera kortkedjiga fettsyror som kommer att sänka gödselns pH och därmed förskjuta produktionen av ammoniak mot produktion av ammonium.

Bindande tillsatsämnen: Litteraturen beskriver i några fall att olika typer av tillsatsämnen som kan tillsättas fodret för att avskilja ammoniak eller binda det. Ett av de ämnen som omnämns är zeolit som är en mineral med porös struktur. När det inkluderas i fodret, uppges det binda ammoniak i träcken och förhindra att det avges till luften (Esmail 2016). Att tillsätta biokol i fodret beskrivs som ett sätt att deaktivera skadliga substanser redan i mag-tarmkanalen. Biokol framställs genom att organiskt material, exempelvis trä, trädgårdsrester eller matavfall, hettas upp till mellan 300 och 1000 grader. Biokol har en mycket hög vattenhållande kapacitet och kan absorbera upp till 5 gånger sin egen vikt i vatten. Biokol beskrivs även kunna absorbera organiska molekyler såsom aminosyror, fettsyror, proteiner och urea samt mineralämnen såsom ammonium, ammoniak och nitrat. (Gerlacht A & Schmidt HP 2014)

Partikelstorlek: Att minska partikelstorleken i fodret från 1000 till 600 mikroner uppges öka smältbarheten för torrsubstansen och kvävet med 5-12 % och minskar då även mängden kväve i gödseln med 20-24 %. (Esmail 2016). Överdriven malning av fodret skall dock undvikas eftersom det påverkar tarmrörelserna negativt och kan ge upphov till hälsoproblem. I Sverige där vi går allt mer mot foder med en grövre struktur, ex muslifoder, är denna metod möjligen inte aktuell.

Surgörning: Att surgöra fodret uppges kunna minska ammoniakbildning. Detta kan uppnås genom att exempelvis tillsätta CaSO_4 , kalciumbensoat eller genom att minska fodrets elektrolytbalans. Det surgjorda fodret kommer i sin tur att resultera i surare gödsel, vilket kommer att medföra att ammoniak i högre grad konverteras till ammonium. (Esmail 2016)

Enzymer: Förutom syror så kan enzymer tillsättas fodret för att minska mängden ammoniak. *Yucca schidigera* extrakt (extrakt från Yuccapalm) är exempel på en sådan fodertillsats där man i vissa studier påvisat ammoniakreducerande effekt i bland annat slaktkycklingstallar. Samtidigt har effekten uteblivit i andra studier så resultaten är varierande. (Blake & Hess 2001)

Fasutfodring: Ett sätt att anpassa fodret bättre efter hönans behov av aminosyror och andra

Projektrapport

näringsämnen är genom fasutfodring. På så sätt minskas foderspill och utsöndring av näringsämnen i gödseln. I en studie med multifasutfodring minskades ammoniakemissionen med 16 %. (Esmail 2016) Det är dock inte helt enkelt att idka denna typ av utfodring på befintliga gårdar och kräver en del investeringar i såväl silos som programvara.

1.5 Tillsats av ämnen i ströbädd

Ammoniakavgången kan minskas genom att man behandlar själva ströbädden. I broilerstallar beskrivs användning av ströbäddstillsatser som ett viktigt redskap för att hålla ammoniakkoncentrationen på låg nivå. Dessa kan binda kväve via olika tekniker såsom absorption, surgörning, eller via salter för att manipulera de mikrobiella populationerna och enzymaktiviteten. (Patterson & Adrizzal 2005)

Superfosfat, järnsulfat och paraformaldehyd: Tidiga metoder omfattade tillsats av ett superfosfat för att binda kväve men efter 17 dagar hade dock ammoniaknivåer och pH återgått till ordinarie nivåer (Blake & Hess 2001). En i Sverige flitigt använd produkt med superfosfat är Stalosan®.

Man har även tittat på effekten av järnsulfat och sett att den kan ha en initial effekt på ammoniaknivåer men att den saknar en långgående verkan. Flingor av paraformaldehyd har visat sig minska ammoniaknivåerna i gasform i labbmiljö men hade ingen effekt på ammoniaknivåerna i ströbädden när det testas på fält. (Blake & Hess 2001)

Svavelsyra, saltsyra och fosforsyra: Användning av syror såsom svavelsyra, saltsyra och fosforsyra omnämns i litteraturen. Man har bland annat sett i studier att tillsats av svavelsyra i ströbädden hos slaktkyckling har sänkt pH ned till 5,5. Med syror måste dock viss försiktighet iakttas eftersom de faktiskt betraktas som hälsovådliga. (Blake & Hess 2001) De är också starkt korrosiva vilket kommer påverka inredningen.

Citronsyra: Tillsats av 5% citronsyra till ströbädd i slaktkycklingstall har visat sig minska ammoniakavgången och även minskat mängden av den sjukdomsframkallande bakterien E.coli (Patterson & Adrizal, 2005).

Aluminiumsulfat: Denna producerar vätejoner när den löses upp. Dessa joner kommer att binda till ammoniak och bilda ammonium. På så sätt minskas mängden avgiven ammoniak från ströbädden. (Blake & Hess 2001)

Poultry Litter Treatment (PLT): Detta beskrivs i litteraturen som en torr kornig tillsats som används i slaktkycklingstallar på kontinenten för att kontrollera ammoniak och surgöra ströbädden. Den används även för att minska patogener. PLT uppges vara en blandning innehållande bland annat natriumdisulfat. (Blake & Hess 2001)

Kalk: Frisättning av ammoniak från ströbädden kan minskas genom tillsats av kalk i ströbädden. Kalken kommer att höja pH och vid pH 10 kommer enzymet ureas att inhiberas. Det är dock en osäker metod eftersom det är svårt att hålla pH så högt och redan vid en sänkning till pH 8-9 kommer produktionen av ammoniak att gynnas.

Biokol: Förutom som fodertillsats beskrivs biokol kunna användas i ströbädden för att binda vatten, ta bort näringsämnen för de mikrobiella patogenerna samt reducera de toxiska emissionerna av ammoniak. (Gerlacht A & Schmidt HP 2014) Då det är ett material som är mörkt och gärna dammar så är det inte så lämpligt i värphönsstallar då det kan smutsa ned de nylagda fuktiga äggen.

1.6 Skötselrutiner

Det finns ett flertal sätt på vilket man via sina skötselrutiner kan minska produktionen av ammoniak i sitt stall utan att behöva göra alltför stora investeringar.

Torrt stall vid insättning: Vikten av ett väl upptorkat stall efter rengöringen inför insättningen av djuromgången anses grundläggande. Upptorkningen i stallet efter tvätten tar minst fem dagar och på vintern krävs ett värmetillskott. (Secher, 2014)

Ströbäddens kvalitet: Ströbädden måste både minskas och bytas ut under produktionsomgången. Den ska vara torr, lucker och i rätt tjocklek. Ca 3-5 centimeter uppges vara lagom. (Secher, 2014). Studier har visat att ammoniakavgången ökade med 5 % per cm ökning av ströbäddstjockleken vid en torrsubstanshalt på 80,5 %.

Hönsens aktivitet i ströbädden: En viktig faktor för fortsatt god kvalitet på ströbädden under produktionen är hönsens aktivitet i den och att hönsens matsmältning fungerar väl. Giva av snäckskal, grus, sten och mineralsten (Peckstone) är positivt. Giva av grovfoder, exempelvis lusernriketter är också fördelaktigt. Generositeten med dessa olika material ger hönsen sysselsättning och bidrar till att hönsen rör om i bädden vilket ger en bra ströbädd som är positivt för både stallmiljön och höns hälsan. (Secher, 2014)

Hålla god höns hälsa: Exponering för virus och bakterier och andra störningar kan stressa hönsen, vilket kan resultera i vattnigare träck, diarré och sämre foderomvandling. Friska höns som hålls i sin termoneutrala miljö är bättre på att ta tillvara näringsämnen i fodret och utsöndrar därmed mindre kväve och vatten i sin träck. (Patterson & Adrizal, 2005)

Placering av temperaturgivare: Det är viktigt att vara noga med att ha temperaturgivarna (som styr ventilationen) på rätt ställen. Det kan även vara klokt att ha flera termometrar för manuell avläsning inne i stallet för att säkra god kontroll av stalltemperaturen samt för uppföljning av temperaturgivarna. (Secher, 2014). Temperaturgivarna bör inte placeras nära värmekällor eftersom värmestrålningen från dessa kan leda till felaktiga värden. (Czarick & Fairchild, 2001). Längs ytterväggarna är temperaturen däremot lägre än i mitten av huset vilket innebär att givarna inte heller skall placeras för nära ytterväggen för att undvika missvisande temperaturer. Slutligen bör temperaturgivarna inte heller placeras för högt eller för lågt i stallet då givaren kommer att registrera en temperatur som skiljer sig från den vid djurnivå (Czarick & Fairchild, 2001).

Tätning av stall: Detta gör man genom att täta sprickor, utgödsling, sätta plastdraperier framför utlastningsdörr och ha täta släplister. På så sätt minskar risken för kalla fickor och kondens som kan bidra till en fuktig ströbädd.

Åtgärda läckande nipplar: Vattennipplarna är viktiga att kontrollera regelbundet. Åtgärda omgående läckande vattennipplar för att förhindra att ströbädden blir blöt. Ett annat problem kan vara att vattentrycket är för högt i vattennipplarna vilket resulterar i onödigt spill när hönsen dricker. (Ziggity systems, 2018)

Rätt höjd på vattennipplar: Kontrollera att vattennipplarna är i korrekt höjd med avseende på unghönsens ålder och storlek i unghönsstallen (Ziggity systems, 2018)

1.7 Tekniska lösningar

Uttag av gödsel: Installation av gödselskrapor bidrar till det blir enklare att hålla ned ströbäddsmängden jämfört med att ta ut den manuellt. Att gödseln regelbundet dras bort under aviärerna bidrar också till aktivitet i bädden så hönsen snabbt sprider ut den. En annan möjlighet är användning av ströbäddslunga.

Uppvärmning av stallet: Ett torrare stall bidrar till en torrare ströbädd och därmed en minskad produktion av ammoniak. Valet av uppvärmningsmetod har betydelse ekonomiskt. Det har visat sig att strålände värmekällor kan spara 10-30 % bränslekostnader jämfört med värmekällor som värmer upp med varmluft. Att använda värmeväxlare är ett effektivt sätt att värma upp inkommande luft. De använder den redan varma luften från stallet för att värma upp den inkommande luften. Hur mycket temperaturen kan ökas hos inluften är starkt beroende på utomhustemperatur och väder. Ju större temperaturskillnad mellan utomhus- och inomhusluft, desto större effekt. Vid test av, exempelvis Big Dutchmans värmeväxlare Earny, i slaktkycklingstall observerades en genomsnittlig temperaturökning av inluften på 12,6 grader under perioden december – april (utomhustemperatur varierade från +3 till +6 grader (Big Dutchman, 2014). Den genomsnittliga energiförbrukningen under denna period uppgavs vara ca 34 kWh per dag. Då ingick dock även energin för studiens mätningar samt uppvärmningen av kondensattanken. Med avseende på ammoniakreducering har man i en annan studie, också utförd i ett slaktkycklingsstall men med värmeväxlaren Agro Clima, noterat att användning av värmeväxlaren minskade ammoniakemissionen (Nørregaard Haansen, 2013). Mätningarna utfördes i Danmark under perioden oktober-december. Mätningarna delades då in i tre olika perioder. I alla tre fall ökade ammoniakemissionerna med tiden slaktkycklingarna var i stallet men i stallarna som var utrustade med värmeväxlaren kom ökningen senare och inte till samma nivåer som kontrollstallen som saknade värmeväxlare. Flera av de svenska inredningsföretagen som riktar sig till ägg- och matfågelproducenter, är återförsäljare av värmeväxlare. Nackdelen med dagens värmeväxlare är dock att de oftast ännu är ganska stora och dyra vilket gör att de kan bli en alltför stor investering för mindre anläggningar.

Bättre luftcirkulation: Ett första alternativ till installation av fast tillskottsvärme i befintliga stallar kan vara installation av cirkulationsfläktar. Detta omnämns även i flertalet rådgivningsartiklar. Varm luft tenderar att stiga mot taket medan den kalla luften faller mot golvet där den inte gör någon nytta. Genom att använda cirkulationsfläktar så får man en jämnare temperatur. Ett bra utformat cirkulationssystem som blandar stallluften från golv till tak och från ände till ände av stallet har enligt uppgifter visat sig minska bränslekostnaderna med 10-30 %. Det förbättrar även ströbäddens och stallluftens kvalitet. Vid besiktningar i Svenska Äggs omsorgsprogram ser man från Svenska Ägg att detta blir allt vanligare i svenska stallar.

Korrekt placering av frånluftsintag: I en studie av Gustafsson & von Wachenfelt (2000) noterades att placering av frånluften i nära anslutning till ströbädden resulterade i signifikant effektivare ventilation samt lägre ammoniaknivåer jämfört med luftuttag i taknivå. Jeppsson & Gustafsson (2009) menar också att frånluften bör placeras i nära anslutning till gödselytan för att snabbt kunna avlägsna den förorenade luften från stallet. I praktiken ser det dock inte ut på detta sätt i svenska värphönsstallar.

1.8 Övriga lösningar

En framtida ny strategi som omnämns i litteraturen är att immunisera hönsen mot enzymer som är involverade i produktionen av ammoniak. De skadliga effekterna av ammoniak i tarmkanalen minskades då genom att man förhindrade tarmbakteriernas hydrolys av urea till ammoniak (Patterson & Adrizal, 2005).

2. Intervjuer med producenter

2.1 Sammanfattning

Nedan redovisas en kort sammanfattning från intervjuerna. Svaren ligger till grund för flera av aktiviteterna i projektet ”Minskad ammoniakavgång i värphönsstallar”. Frågorna som har ställts återfinns i bilaga 1.

Totalt nio producenter har intervjuats inom ramen för projektet. Merparten av dem hade gårdarna belägna i Östergötland. De producenter som intervjuades hade stallar med inredd bur, eller envånings- respektive flervåningssystem för frigående höns. Samtliga stall var byggda sent 1990-tal till mitten 2010-talet.

Fyra producenter hade konventionell äggproduktion medan fem hade ekologisk produktion. Samtliga av de ekologiska äggproducenterna var certifierade i KRAV. Stallen med ekologisk produktion hade flervåningssystem och hönsen hade tillgång till utevistelse. .

Alla producenter i studien hade undertrycksventilation i sina stallar vid intervjutillfället. Två av stallen var byggda med neutraltryck men systemet hade ställts om till undertryck. Vissa producenter ansåg sig klara av att göra inställningar och ändra driftparametrar i sitt ventilationssystem medan andra kände att de inte alls klarar av det. Alla var eniga om att det tar tid och engagemang att lära sig sitt ventilationssystem men att det är viktigt att det prioriteras.

Av de intervjuade var det sju producenter som upplevde att de hade problem med ammoniak i sina stall. Fyra av de sju ansåg sig dock ha fått bukt med problemen med ammoniak genom att arbeta med att minska ströbädden, öka minimiventilationen, via tillskottsvärme eller en blandning av alla nämnda åtgärder. Tre producenter hade trots olika insatser inte lyckats förbättra sitt stallklimat. En av producenterna med ammoniakproblem upplevde också problem med damm, en annan producent angav att damm var deras enda problem med avseende på stallklimat.

Som strömaterial använde de tillfrågade producenterna kutterspån eller hackad halm (Easy strö). Några av ekoproducenterna ställde in höbalar i stallen. Fyra av de nio intervjuade producenterna gjorde ingen rutinmässig minskning av ströbädden men tre av dem tog ut hela ströbädden mellan tre gånger per omgång till varannan månad. De producenter som hade utevistelse för sina höns berättade att de ofta får problem med kakig ströbädd framför luckorna. Speciellt under vintern och om vind ligger på emot luckorna blev det ofta problem med blöta ströbäddar. Även köldbryggor och andra hål i klimatskalet, exempelvis där gödselband lämnar stallet kunde vara platser där problem med blöta ströbäddar uppkom. Utöver detta kunde kondens uppstå på fönster och dörrar och orsaka problem i stallet.

2.2 Intervju 1

Typ av anläggning: Burstallar och ett stall med frigående inomhus, flervåningssystem.

Ventilation: Alla stall har undertrycksventilation och loftventiler för tilluften (som grisstall). Frånluften sitter näranocken på byggnaden och tilluft närmare ytterväggarna. En eller två variabla fläktar per avdelningen och sedan i steg, styrningen är på spänning och styrs av CO₂ och temperatur.

Klarar av att styra systemet hjälpligt men vid problem kan oftast Swedfarm bistå via telefon. Dock är styrtrustin från 2003 och tidigare vilket innebär att reservdelar inte längre finns att tillgå. Det upplevs inte att ventilationen fungerar dåligt i något av stallen. Det känns inte som ett problem att hålla rätt ammoniaknivåer under året i stort, endast i det frigående stallet när det är riktigt kallt ute.

Projektrapport

Producenten har observerat att hönsen samlas på lite olika platser i stallet och att det stör ut ventilationen så därför kommer cirkulationsfläktar monteras inne i stallet för att se till att luften blandas. När det är kallt ute blir det ibland kondens på vissa byggnadsdelar. Detta beror på "byggfusk" så det blir onödigt stora köldbryggor på vissa platser. Tidigare problem med blöt ströbädd där gödseln lämnade stallet. Men efter att ha isolerat och byggt om där så har det problemet försvunnit. Ströbädden minskas två gånger i veckan med skrapor och tas endast ut mellan omgångar. Kutterspån används som strömaterial. Det är förberett för tillskottsvärme i det frigående stallet om det skulle behövas.

2.3 Intervju 2

Typ av anläggning: Två stallbyggnader med frigående ekologiska värphöns, byggår 2003 resp. 2008.

Ventilation: Båda stallen är byggda för att vara neutraltryckssystem men fungerar idag som undertryckssystem, detta på grund av hål i väggarna samt öppet mellan packeri och avdelningar.

Kan själv ställa in fläktar och spjäll manuellt men inställningar i styrsystemet överlämnas till andra som kan vid behov. I ettan ligger packeriet mitt i byggnaden och när ena avdelningen blir varm så drar den luft genom packeriet som då drar med sig en massa damm. Problem med damm och ammoniak är årstidsrelaterat och uppkommer främst när det är under 0 grader. En av anledningarna till problemen är att ventilationen går ner på miniminivåer och då blir det för mycket damm och ammoniak i stallen. Det blir kallare vid köldbryggor i stallet samt vid luckor och dörrar. I tvåan finns skrapor som skrapar ut ströbädden under aviären två gånger om dagen men annars byts inte ströbädden ut under en omgång. Däremot tas hela ströbädden ut i ettan varannan månad. Producenten funderar på att minska ströbädden och byta den oftare under vintern för att få ner damm och ammoniaknivåerna i ettan.

2.4 Intervju 3

Typ av anläggning: Två hus med totalt fyra avdelningar per byggnad med frigående ekologiska värphöns, byggår 2003 resp. 2008.

Ventilation: Byggs som neutraltrycksventilation men idag fungerar det med undertryck, vid behov under sommaren körs tilluftsfläktarna. Fläktarna styrs med spänning. Neutraltrycksventilationen fungerade ej i husen, detta på grund av att det är luckor ut till rastgårdarna samt att varje avdelning skulle fungera som en enhet men samtidigt sitter alla avdelningar ihop med packeriet.

Mekaniska inställningar av ventilationen kan göras själv. Digitala inställningar i systemet görs av de som sköter servicen av ventilationen. Det har endast varit problem med blöta ströbäddar och ammoniak ett fåtal gånger sedan stallen byggdes, då har orsaken varit vattenläcka eller att betongen inte hade torkat klart. Däremot är det alltid problem med damm på vinterhalvåret vilket producenten kopplar ihop med att ventilationen går minimalt och inte ventilerar ut dammet. Frånluften i stallet är inställd att gå upp på max i två till tre minuter per timme för att ventilerar ut damm och ammoniak. Ingen tillskottsvärme finns installerad i stallen. Ströbädden blir väldigt torr under vintern, den byts ut cirka två gånger per omgång för att den inte ska bli för tjock. Ingen rutinmässig minskning av ströbädden sker. Har testat med halmpellets för att försöka få mindre damm i stallet men det fick motsatt effekt.

2.5 Intervju 4

Typ av anläggning: Två avdelningar med envåningssystem, byggår 1998 och en med flervåningssystem, ombyggt från bur 2016.

Ventilation: Flervåningsstallet har styrning på frekvens och i grupp, medan stallet med envåningssystem har spänningsstyrning, båda med undertryck. I det äldre stallet är det tilluftsdon och i det nyare tas luften

Projektrapport

in via väggen och vinden. De tilluftsventiler som tar luft direkt utifrån stängs av under vintern. Ingen extra värme.

Lantbrukaren känner att han har bättre koll på hur sina stall fungerar än konsulter/expertter som kommer och gör justeringar i stallen. I flervåningsstallet fungerar det bra med damm och ammoniak. Under vintern stängs vissa tilluftsventiler av så att luft endast kommer in via vinden. I envåningsstallet blir det sämre på vintern på grund av att djuren producerar mindre värme och ventilationen ej ventilerar tillräckligt. Det blir ofta kondens på fönster, ytterväggar, framför dörrar och i frånluftstrummorna. Har testat tillskottsvärme men det gav ej ett upplevt resultat i stallen. I envåningssystemen tas ströbädden ut två gånger per år. En gång vid jul och en gång i februari, skulle kunna göra det en gång till. Använder sig av en blandning av spån och träpellets som funkas bra, har testat silt/sand men det fungerade inte bra. Har en skrapa i lågbeläggningen som skrapar rent i bingen varje dag och i flervåningsstallet tas gödseln ut på band en gång i veckan. Det görs ingen rutinmässig minskning av ströbädden.

2.6 Intervju 5

Typ av anläggning: ekologiska värphöns, frigående i flervåningssystem. Byggår 2010, utbyggt och kompletterat med verandor 2012.

Ventilation: Frånluften går på spänning och skapar ett undertryck i stallen. Frånluft inock och tilluft i sidorna av stallen.

När det gäller skötsel och trimning av ventilationssystemet känner lantbrukaren att han saknar kompetensen och pratar med försäljare, lantbrukare och elektriker för att lösa problem. Har inga direkta problem med ammoniak men ibland på vintern kan i bädden bli kakig framför luckorna om vinden ligger på mycket från ena sidan. Däremot är det mycket problem med damm i stallen vintertid. Det finns skrapor under aviären som går dagligen när det är dammigt. Dammproblemen är som störst när ströbädden är som tjockast. Vintertid tas ströbädden ut en gång i månaden och under det andra halvåret max en gång varannan månad. Använder kutterspån som strömaterial. Har funderat på att möjligen ha lite tillskottsvärme under vintern.

2.7 Intervju 6

Typ av anläggning: Två stall med frigående ekologiska värphöns, packeri i mitten. Det äldre stallen är byggt 1998 men fick ny inredning och fler fläktar 2005. Det andra stallen byggdes 2011 och båda har nu flervåningssystem.

Ventilation: I det nyare stallen är en fläkt varvtalsstyrd och resten av fläktarna i steg. Tilluftsventiler på väggarna och i taket. I det äldre stallen är alla fläktar styrda på spänning. Alla tilluftsventiler sitter i taket och frånluftsfläktarna sitter i mitten av stallen vilket gör att det lätt blir ”kortslutning” mellan tilluften och frånluften.

De två stallen har olika ventilationsstyrningssystem som gör det extra svårt att lära sig så för att justera ventilationen rings därför personal ut som kan de två olika systemen. Problemen uppkommer när det blir kallare ute och är blåsigt. Det äldre stallen har störst problem då det lätt blir kortslutning i ventilationssystemet. Även det nyare stallen har en del problem då undertrycket störs ut av luckor och vind.

Producenten anser att bästa sättet att lösa problemet med för mycket ammoniak i stallen är att få ventilationen att arbeta mer för att ventileras ut ammoniaken. Detta görs genom att öka minimiventilationen. Ströbädden tas ut från båda stallen varannan månad för att hålla nere ammoniakhalten och även mängden golvvägg. Kutterspån eller finhackad halm används och producenten märker ingen skillnad mellan de två strömaterialen. Under vintern används tillskottsvärme från en

Projektrapport

halmpanna för att hålla uppe temperaturen i stallen. Den enda gången det har varit problem med fuktiga ströbäddar var när ett nytt foder testades som orsakade blöt gödsel.

2.8 Intervju 7

Typ av anläggning: Två stall med frigående höns inomhus i flervåningssystem, byggår 2004 resp. 2010.

Ventilation: Undertryck. Tilluftsdon samt frånluftsfläktar i taket samt sommarfläktar som komplement varma somrar.

Ventilationen styrs digitalt och producenten har själv inte koll på alla parametrar som reglerar denna utan nyttjar ett företag för justering av styrningen. För att lösa vissa problem med ventilationen och ammoniak så har gården olika minimiventilationsnivåer beroende på årstid.

Problem i november-december med kakor i ströbädden på grund av låg temperatur och hög relativ fuktighet. Får även extra problem om insättningen av nya höns sker på vintern. Får då jobba mycket med ströbädden. Ströbädden tas ut ca 3 ggr per omgång men minskas även lite varje vecka efter behov. Kutterspån används som strömateriell. Får problem med köldbryggor där gödselbanden går ut ur stallen.

2.9 Intervju 8

Typ av anläggning: En avdelning med frigående inomhus och en avdelning med isolerad veranda med frigående utomhus i konventionell produktion. Byggår 2010.

Ventilation: Undertrycksventilation i båda avdelningarna, försöker göra så att tilluft och frånluft är så långt från varandra som möjligt i stallet. Har även extra cirkulationsfläktar i stallet.

Löser problem i stallet med hjälp av elektriker och kollegor i branschen. Skulle inte anlita säljare eller en ”expert” då de inte har gett så mycket hjälp tidigare. Problem med ammoniak och våta ströbäddar vid 0 till -10 grader på grund av minskad ventilation. Försöker lösa detta genom att jobba med ströbädden nästan varje dag. Hela ströbädden byts varannan vecka. Tillskottsvärme från aerotemper i stallet med värme från flispanna. Producenten har även isolerat väggar och luckor extra för att minska köldbryggor. Cirkulationsfläktarna har hjälpt till att motverka ”fickor” av ammoniak i stallet. En gavelfläkt används som huvudfrånluftsfläkt vilket har gjort att stallklimatet har blivit bättre. Som strömateriell används Easy strö (finhackad värmebehandlad halm).

2.10 Intervju 9

Typ av anläggning: Kostall ombyggt till ett värphönsstall för ekologisk produktion 2003.

Ventilation: Undertrycksventilation med skivor som styr undertrycket via tilluften. Totalt 9 fläktar där 3 har variabel hastighet med spänningsstyrning och resterande 6 är antingen av eller på.

Det finns bra möjligheter att trimma ventilationssystemet men det är inte lättarbetat. Swedfarm är duktiga men har svårt att lösa just detta system som är gammalt och kräver ett stort intresse. Tidigare var det problem med ammoniak och blöta ströbäddar under vinterhalvåret. Klimatskalet är inte tillräckligt bra så i norra delen av stallet blev det lätt kondens på grund av köldbryggor. Ventilationen gick ner på för låg nivå då den styrs av relativ fuktighet och temperatur. För att lösa detta värms nu stallet under vintern med två luftaerotemperar (värme från flis). Detta får då upp luftomsättningen och motverkar blöta ströbäddar. Kutterspån används som strömateriell och gödselbanden tar ut gödsel två gånger per vecka. Ströbäddarna byts ut helt tre gånger per omgång. Trots tillskottsvärmen i stallet fungerar det bäst under sommaren.

3. Försök i testmiljö

3.1 Zeolit

3.1.1 Bakgrund

Zeolit är en grupp vattenhaltiga, kristallina aluminiumsilikater som bildas vid vulkanutbrott. Gruppen utgörs av ett 60-tal naturligt förekommande sorter samt ett hundratal syntetiska motsvarigheter. Zeoliter ser ut som ett lerigt pulver med porös struktur. De karakteriseras av stor yta och därmed stor kapacitet att absorbera olika ämnen. Inom lantbruk har det använts som jordförbättrare, fodertillsats och strömedel. MCP Zeolit är en kombination av ett flertal zeoliter. I Sverige har tillsats av MCP Zeolit i foder till slaktgrisar tidigare utvärderats i en studie utförd av Gård och Djurhälsan (www.grisforetagaren.se). I den studien tillsattes 8–10 kg MCP Zeolit per ton torrt foder. I den studien påvisades en 5 procentenheter torrare gödsel än kontrolledets.

3.1.2 Hypotes

Inblandning av MCP Zeolit i fodret till värphöns kan ge en torrare ströbädd och lägre nivå ammoniak i värphönsstallar jämfört med värphönsstallar där MCP Zeolit ej inblandats i värphönsens foder.

3.1.3 Metod

Studien gjordes som en fältstudie hos en äggproducent i Skåne, där effekten av inblandad 1% MCP Zeolit i fodret jämfördes mellan två identiska värphönsstallar (MCP Zeolit & Kontroll). Kompensation i fodret för procenten zeolit gjordes ej.

Stallarna inhyste 16 700 värphöns av hybriderna Bovans Robust i ett flervåningssystem av typen Big Dutchman Natura Step. Taket var i korrugerad plåt med en takhöjd på 2,72 meter. Väggarnas ytskikt var i plyfa samt golvet i betong. Stallet hade undertrycksventilation. Totalt 60 spaltdon med kapacitet 1750 m³/tim per don samt fem frånluftsfläktar med en total kapacitet på 10 4310 m³/h. Tilläggsvärme fanns ej.

Studien påbörjades i november 2017 och avslutades i februari 2018. Mätningar påbörjades när hönsen var 18 veckor gamla och hade vistats i stallet i tre veckor. Då hade en ströbädd börjat byggas upp (strö och fin gödsel). Det är också vid denna tid, när hönsen börjar värpa upp, som träcken ofta blir kladdigare och ströbädden sämre. Något som flera äggproducenter rapporterat om. Totalt gjordes protokollförda stallklimatskontroller under 11 veckor.

I stallet valdes tre mätpunkter i tre olika gångar (två yttre gångar samt en mittgång). En mätpunkt var belägen i förrumsände, en mätpunkt i mitten av gången samt en punkt i utgödslingssändan. Mätpunkterna markerades med tejp så mätningarna alltid gjordes på samma plats. Mätningarna gjordes av anläggningens förman. Mätningarna utfördes varje torsdag kl 12. Veckodag valdes med bakgrund att ligga mittemellan veckans två utgödslingstillfällen. Detta för att erfarenhet visat att ammoniaknivån brukar gå upp temporärt när gödselmattorna körs och denna felkälla ville därför undvikas. Tidpunkt valdes med bakgrund att hönsen värpt klart för dagen och var aktiva i stallet. Vid varje mättillfälle noterades följande data i ett protokoll (fig 1).

kl 14.45

Datum	Väderlek	Temperatur ute	Relativ fuktighet ute
171130	Disigt halvklart	+5,8	83,3

Stall Nr	Dator Temp	Dator RF%	Dator Vent %
5	19	61	19,9

Vägg mot 6:an MITTGÅNG utan väg Vägg mot 4:an

Kondens 0 eller 1			Kondens 0 eller 1			Kondens 0 eller 1			Förrum
Dörr: Tak: 1 Vattenledning: 1 Vagg: 0			Dörr: 1 Tak: 1 Vattenledning: 1 Vagg: 1			Dörr: Tak: 1 Vattenledning: 1 Vagg: 0			
Temp 1	RL 1	CO2 1	Temp 1	RL 1	CO2 1	Temp 1	RL 1	CO2 1	Mitt sekt 1
14,9	84,6		19,4	71,2		19,1	68,8		
Temp 2	RL 2	CO2 2	Temp 2	RL 2	CO2 2	Temp 2	RL 2	CO2 2	
16,4	65	>2000	16,7	67	>2000	18,8	59		
NH3 mitt (ppm)			NH3 mitt (ppm)			NH3 mitt (ppm)			
4			4			4			
Ströbbädd mitt (0-3 p)			Ströbbädd mitt (0-3 p)			Ströbbädd mitt (0-3 p)			Mitt sekt 2
1-2			1-2			1			
Ströbbädd mitt beskr			Ströbbädd mitt beskr			Ströbbädd mitt beskr			
Tunn kaka luckert strö på. Kramtest. Faller ej sönder helt.			Tunn kaka luckert strö på. Kramtest. Faller ej sönder helt.			Luckert.			
Temp utgöd	RL utgöd	CO2 utgöd	Temp utgöd	RL utgöd	CO2 utgöd	Temp utgöd	RL utgöd	CO2 utgöd	Mitt sekt 3
14,2	60,3		14,2	62,8		15,3	59,5		

Figur 1. Mätprotokoll

Yttre förhållanden

- Temperatur
- Relativ luftfuktighet
- Notering väderlek

Inre förhållanden

- Via stalldatorns registreringar
 - Temperatur, °C
 - Relativ luftfuktighet, %
 - Ventilationsnivå, %
- Via manuella mätningar vid mätpunkterna
 - Temperatur, °C
 - Relativ luftfuktighet, %
 - Koldioxidnivå, ppm

Projektrapport

- Ammoniaknivå, ppm
- Kramtest av ströbädd dvs hur snabbt faller ströbädden isär när man kramar en boll av den i handen. Skala 0-3 där 0 motsvarar torr bädd som faller sönder direkt och 3 motsvarar blöt ströbädd.
- Okulär beskrivning av ströbädd
- Förekomst av kondens i stallet samt var i så fall.

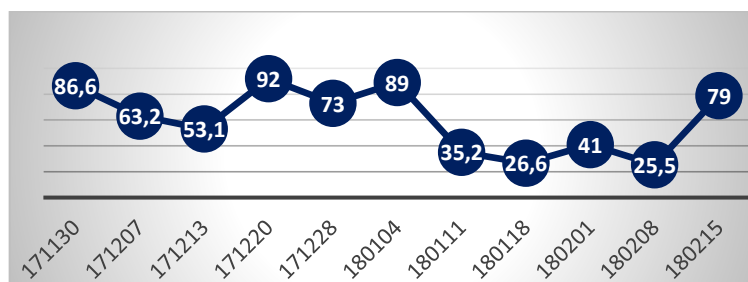
Val av mätdata gjordes för att kunna påvisa om MCP Zeolit hade någon effekt på ammoniaknivå och/eller ströbädd samt för att kunna beskriva under vilka yttre förhållanden som MCP Zeolit verkade. Efter genomförda mätningar digitaliserades protokollen till såväl Word som Excel för att underlätta bearbetningen av data. I Excel har medelvärden, min, max samt kvartil beräknats fram för den insamlade data från de två stallen.

3.1.4 Resultat

De yttre förhållandena var typiska för vinter i Skåne (Tabell 1) med temperatur som varierade mellan +3°C till +10°C (Fig 2) samt en relativ luftfuktighet som varierade mellan 40 % upp till 89 % (Fig 3)



Figur 2. Uppmätt temperatur utomhus vid respektive mättillfälle.

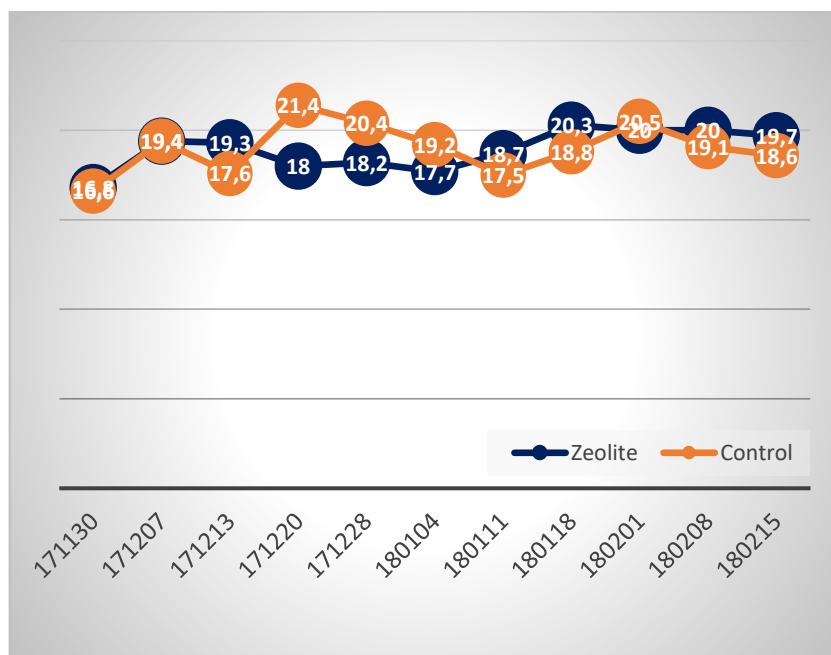


Figur 3. Uppmätt relativ luftfuktighet vid respektive mättillfälle.

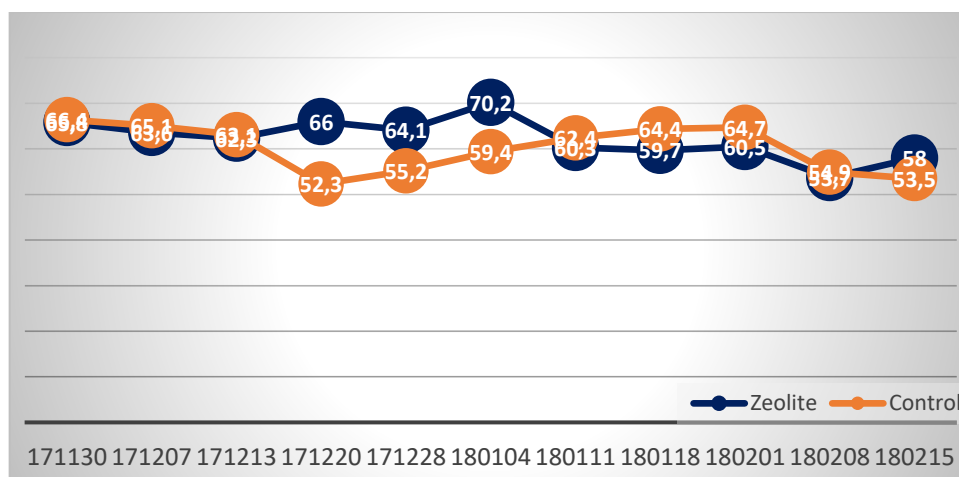
Tabell 1. Väderförhållanden utomhus vid respektive mättillfälle

171130	171207	171213	171220	171228	180104	180111	180118	180201	180208	180215
Disigt	Lätt regn	Mulet	Lätt regn Dimma	Mulet Lätt regn	Mulet Disigt	Mulet	Mulet	Mulet	Soligt	Soligt

Den genomsnittliga temperaturen (tre mätvärden per mättillfälle och stall) inomhus i de två stallen varierade något över tiden men det fanns inga signifikanta skillnader mellan de två stallen utan variationen fanns i båda (fig 4). Detsamma gällde den uppmätta relativa luftfuktigheten i de båda stallen (fig 5).



Figur 4. Uppmätt genomsnittlig temperatur i stallet där hönsen fått 1% MCP Zeolit i fodret samt i kontrollstall.

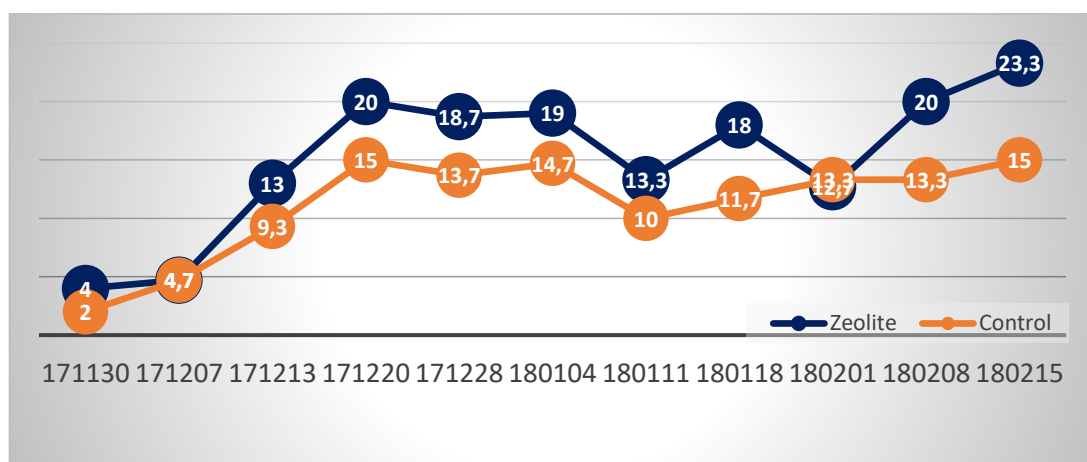


Figur 5. Uppmätt relativ fuktighet i stallet där hönsen fått 1% MCP Zeolit i fodret samt i kontrollstall.

Medelvärde av de tre ammoniakmätningarna per mättillfälle och mätpunkt, samt maxvärde låg högre i stallet där hönsen fått 1 % MCP Zeolit i fodret jämfört med kontrollstallet under nästan hela studien (tabell 2). Även den genomsnittliga ammoniaknivån per stall var högre i stallet där hönsen fått 1 % MCP Zeolit i fodret (tabell 2 och fig 6). Spridningen av de uppmätta nivåerna ammoniak i stallet där hönsen fått 1% MCP Zeolit var större i jämförelse med kontroll stallet. Detta syns både i max och minimumvärdena. När kvartilerna jämförs så framgår även att i stallet där hönsen fått 1 % MCP Zeolit var spridningen av uppmätta ammoniaknivåer större jämfört med i kontrollstallet.

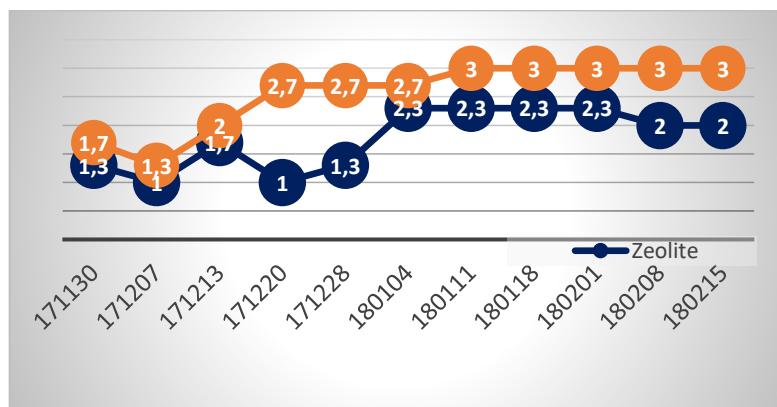
Tabell 2. Uppmätta genomsnittliga nivåer ammoniak (ppm) per mätpunkt samt per stall.

Stall	Medel	Max	Min	Q1	Q2	Q3	Per Stall Medel	Per Stall Max	Per Stall Min
MCP Zeolit 1	14,7	22,0	4,0	10,5	18	19,5			
MCP Zeolit 2	14,9	20,0	4,0	12,5	18	19,5			
MCP Zeolit 3	15,8	30,0	4,0	10	18	20	15,2	30,0	4,0
Kontroll 1	9,3	15,0	4,0	8,5	10	10,5			
Kontroll 2	11,9	19,0	4,0	9	12	16			
Kontroll 3	12,8	18,0	4,0	11	15	15	11,3	18,0	4,0



Figur 6. Uppmätt genomsnittlig nivå ammoniak (ppm) i stallet där hönsen fått 1% MCP Zeolit i fodret samt i kontrollstall.

Vid gradering av ströbädd, baserad på hur snabbt den faller isär när man kramar en boll av strö i handen, bedömdes ströbädden som något torrare i stallet där hönsen fått 1 % MCP Zeolit i fodret jämfört med kontrollstallet (fig 7). I den ockulära bedömningen av ströbädden beskrevs den även något oftare som ”hård och kompakt” i kontrollstallet jämfört med ströbädden i stallet där hönsen fått 1 % MCP Zeolit i fodret.



Figur 7. Gradering av ströbädd efter ”kramtest” i stallet där hönsen fått 1% MCP Zeolit i fodret samt i kontrollstall. Ju högre värde, desto våtare ströbädd.

3.1.5 Diskussion

Erfarenhet från såväl besiktningar i Svenska Äggs omsorgsprogram som från offentlig kontroll visar att vid hög relativ luftfuktighet utomhus samt vid temperaturer runt noll grader, eller strax över, är det som allra svårast att hålla ett bra stallklimat inomhus i ett värphönsstall. Stora mängder fuktig luft tas in via ventilation vilket ökar luftfuktigheten i stallen. Data från de yttre mätningarna visar att det under större delen av denna studie rådde just denna typ av väderlek utomhus. För studien är det fördelaktigt eftersom syftet med projektet som helhet är att hitta metoder att hålla ned nivån av ammoniak i värphönsstallar, vilket framför allt är aktuellt vid denna typ av väderlek. Vid mätningarna av den yttre relativa luftfuktigheten finns fyra mätvärden (25-41 % relativ luftfuktighet) som bedöms som orimliga med tanke på då rådande väderlek och hänsyn har tagits till detta vid tolkningen av erhållna data. Trolig orsak är någon form av mätfel.

Även om stallarna var byggda identiska så betedde sig inte stallklimatet identiskt utan såväl temperatur som relativ luftfuktighet kunde variera mellan de två stallarna. Variationen fanns dock hos båda stallarna så det är projektgruppens uppfattning att dessa inte beror på zeoliten. En hypotes hade annars kunnat vara att stallen där hönsen fått 1 % MCP Zeolit i fodret skulle kunnat ha en lägre relativ luftfuktighet pga en torrare ströbädd som därmed avger mindre fukt. I stället beror troligen dessa variationer på att det funnits variationer i hur stallen ventilerats och att detta skiftat mellan stallen.

Uppmätt ammoniaknivå blev, tvärtemot förväntat, högre i stallen där hönsen fått 1 % MCP Zeolit jämfört med kontrollstallet. Aluminosilikater, såsom zeolit, har annars tidigare beskrivits att minska ammoniakavgivning både som tillsats i ströbädden hos slaktkyckling och i foder hos mink (Nowakowicz *et al.*, 2011) (Wlazo *et al.*, 2016). Däremot var ströbädden något bättre jämfört med kontrollstallet. Dels föll den sönder snabbare i kramtestet och dels beskrevs den inte lika ofta som kompakt och hård jämfört med i kontrollstallet. Detta indikerar att den var torrare även om analys av TS halt inte ingick i studien, vilket annars hade varit intressant att följa upp. Den något luckrare och torrare ströbädden skulle kunna ge en förklaring till varför ammoniaknivån var högre i stallen där hönsen fått 1 % MCP Zeolit jämfört med kontrollstallet. Jeppson & Gustafsson (2009) återger i sin rapport "Byggnadstekniska åtgärder för lägre ammoniakemission från djurstallar" att ammoniakemissionen beror av vattenhalten i ströbädden. Emissionen ökar med ökande vattenhalt men bara fram till ca 50 % därefter börjar ammoniakemissionen minska eftersom förhållandena blir alltmer anaeroba, vilket hämmar involverade mikroorganismers tillväxt. Kramtesten i vår studie visar att ströbädden förvisso är torrare i stallen där hönsen fått 1 % MCP zeolit jämfört med kontrollstallet men den är inte heller helt torr. Zeoliten kan ha resulterat i en något torrare gödsel och ströbädd men inte tillräckligt torr för att minska emissionen av ammoniak. I kontrollstallet, där ströbädden beskrevs som kompakt, kan istället förhållandena varit tillräckligt ogynnsamma för mikroberna för att resultera i en minskad ammoniakemission. I den kompakta ströbädden kapslas även ammoniaken in jämfört med den luckrare ströbädden, vilket troligen påverkat emissionen. Inverkan av yttre faktorer såsom mängden inluft med hög vattenhalt behöver tas i beaktande. Det är möjligt att MCP Zeolit har en effekt på gödselns ts-halt och mängd avgiven ammoniak, samtidigt är de yttre förhållandena såsom temperatur och relativ luftfuktighet optimala för ammoniakemission från strö- och gödselbädden och detta kan ha motverkat effekten av MCP Zeolit. Jeppson & Gustafsson (2009) återger i sin rapport att, exempelvis, en ökad lufttemperatur bidrar till en ökad ammoniakemission.

3.1.6 Slutsats

Det finns i litteraturen dokumenterade studier som påvisar en effekt av zeolit på mängden producerad ammoniak samt ts-halt hos gödsel. Under de förhållande som rådde i denna studies teststallar resulterade dock inte tillsats av 1 % MCP Zeolit i fodret i en minskning av ammoniaknivåerna däremot var ströbädden något torrare.

3.2 Installation av värmeväxlare

3.2.1 Bakgrund

Av erfarenhet samt från tidigare försök inom såväl detta projekt samt från Alm & Jaimeson (2017) vet vi att problemet med höga ammoniakkoncentrationer i stalluften är som störst under vinterhalvåret och allra värst när utetemperaturen är runt noll grader i kombination med en hög relativ fuktighet. Under de kalla månaderna går ventilationen minimalt för att upprätthålla önskad temperatur inne i stallet. Det sänkta antalet luftutbyten i djurutrymmet leder till att stallklimatet försämras. En möjlighet att minska ammoniakhalterna i ett stall är att minska luftfuktigheten. Ett torrare stallklimat ger torrare ströbäddar med mindre mikrobiell aktivitet. Det är idag dock få stall som byggs med fast installerad tillskottsvärme då det anses bli för dyrt. Ett alternativ kan då vara att via en värmeväxlare utnyttja den redan varma stalluften för att värma den inkommande luften och på ett energieffektivt sätt öka minimiventilationen utan att påverka djurens termiska komfort. Värmeväxlare har under senare år blivit relativt vanligt förekommande i slaktkycklingsstall men inom äggbranschen är dessa ännu ovanliga.

3.2.2 Hypotes

Genom att via värmeväxlare återvinna värmen från den luft som ventileras ut från stallet för att värma upp tilluften kan man sänka ammoniakkoncentrationen inne i värphönsstallet.

3.2.3 Metod

Försöket var en deskriptiv studie av ett stall för frigående värphöns med en nyligen installerad värmeväxlare.

Studien utfördes under 18 veckor med start i september 2018 och avslutades i januari 2019. När studien inleddes var värphönsen (Bovans) 27 veckor gamla. Stallet där studien utfördes var ett ombyggt kostall med oisolerat golv på ca 1180 m² med plats för 22650 värphöns i ett Big Dutchman Natura Colony 941 aviär-system.

Utgödslingen via gödselmattor i aviärerna kördes två gånger i veckan. Skrapor var installerade under aviärerna. Dessa kördes två gånger i veckan då projektet startades men övergick till att köras dagligen för att hålla en ströbädd med några centimeters tjocklek. Som strömaterial användes Easy way (krossad värmebehandlad halmpellets).

Ventilationssystemet bestod av fem frånluftsfläktar, 45 väggventiler för tilluft (TPI) och fyra cirkulationsfläktar (för placering, se figur 8.). Två sommarfläktar var monterade i stallets ena gavel. Ventilationstyrningen var av modell Fancor L38H.

Värmeväxlaren blåser den uppvärmda tilluften upp mot taket där den fångas upp av en presenning och sprids vidare mot stallets kortändor av de fyra cirkulationsfläktarna.

Ventilationen styrs av en måltemperatur på 21 grader i stallet. Styrningen är vidare inställd så ventilationen ökar med 10 % om CO₂-halten överstiger 2500 ppm. Värmeväxlaren kördes initialt på 50 % av sin kapacitet för att sedan ökas på till 60 % och under vintern gå på 70 % av maxkapaciteten.

Projektrapport

Värmeväxlaren av modell Vencomatic Agrosupply (18400 m³) installerades i augusti 2018.



Foto: Alexandra Jeremiasson

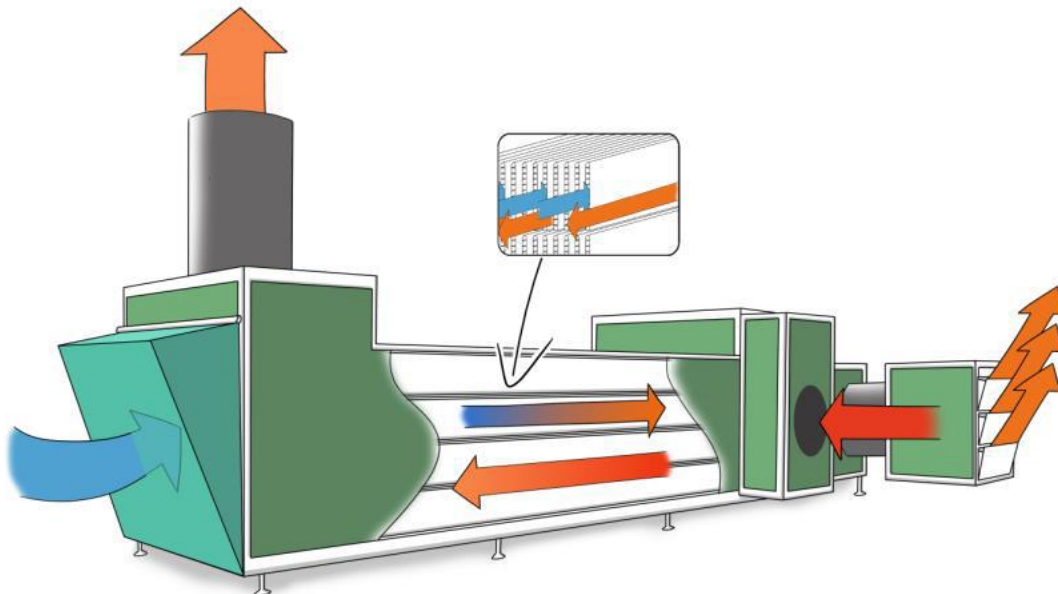
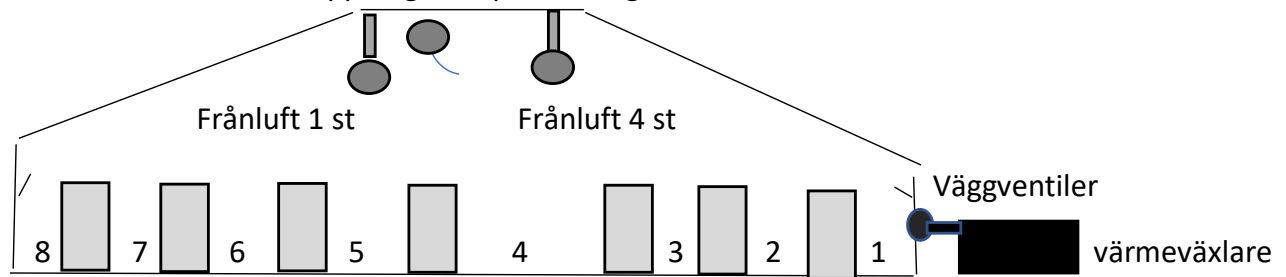


Bild 1. (www.vencomaticgroup.com) Värmeväxlaren arbetar efter principen motsatt värmewäxling där den varma stalluften passerar mellan lamellerna och den kalla utomhusluften går inuti lamellerna i motsatt riktning.

4 cirkulationsfläktar samt uppfångande presenning



Figur 8. Stallskiss. Värmewäxlaren är placerad på stallens långsida.

Manuella mätningar

Manuella mätningar utfördes på 12 platser i stallen, tre platser i fyra olika gångar (gång 4, 5, 7 och 8). Mätplats 1 var belägen nära förrummet, mätplats 2 i mitten av gången och mätplats 3 i utgödslingsänden av stallen.

- Gång 4 valdes eftersom den ligger under frånluftsfläktarna. Denna är också bredare än övriga gångar.
- Gång 5 valdes eftersom ägaren rapporterade att detta är den gång de har mest problem med (där finns även koldioxidgivaren).
- Gång 7 valdes för att se om det fanns risk att luften inte når ned till denna gång då den befinner sig nära luftintagen och långt bort från värmewäxlare och fläktar.
- Gång 8 valdes då den är yttergång, där luftintagen finns.

Gång 1 och gång 2 valdes bort då de ligger i anslutning till värmewäxlaren.

Mätpunkterna markerades med tejp så att mätningarna alltid utfördes på samma plats.

Mätningarna gjordes varje tisdagsmorgon mellan kl 7-8 av stallens ägare. Tidpunkten valdes med bakgrund att ägaren upplever att det är sämst klimat i stallen vid den tiden. Vid varje mättillfälle noterades följande data i ett protokoll, se figur 9.

Manuella veckomätningar tisdagar kl 07-08											
Datum		Väderlek				Temp ute		RL ute (%)			
9/1-2019		Regn/dima				1,5		90			
Gång 8		Gång 7				Gång 5		Gång 4			
Kondens 0 eller 1 samt plats		Kondens 0 eller 1 samt plats				Kondens 0 eller 1 samt plats		Kondens 0 eller 1 samt plats			
0 Början		0 Slutet				0 Mitt		0 Början			
Mätplats 1		Mätplats 1				Mätplats 1		Mätplats 1			
Temp	19,1	Temp	19,3	Temp	21,2	Temp	22,7				
RL %	68	RL %	65,9	RL %	65,2	RL %	63,7				
NH3	1,5	NH3	2	NH3	2	NH3	2				
Ströbädd	1	Ströbädd	1	Ströbädd	0	Ströbädd	0				
Kondition	Lucker	Kondition	Lucker	Kondition	Lucker	Kondition	Lucker				
Mätplats 2		Mätplats 2				Mätplats 2		Mätplats 2			
Temp	19	Temp	19,2	Temp	21,6	Temp	22,4				
RL %	66,6	RL %	63,9	RL %	63,5	RL %	61,3				
NH3	1	NH3	1	NH3	1,5	NH3	1				
Ströbädd	0	Ströbädd	0	Ströbädd	1	Ströbädd	0				
Kondition	Lucker	Kondition	Lucker	Kondition	Lucker	Kondition	Lucker				
Mätplats 3 (utgödslingsände)		Mätplats 3 (utgödslingsände)				Mätplats 3 (utgödslingsände)		Mätplats 3 (utgödslingsände)			
Temp	19,2	Temp	19,9	Temp	21,8	Temp	22,2				
RL %	67,6	RL %	67,1	RL %	64,2	RL %	63,3				
NH3	1,5	NH3	1	NH3	1	NH3	1,5				
Ströbädd	0	Ströbädd	0	Ströbädd	0	Ströbädd	0				
Kondition	Lucker	Kondition	Lucker	Kondition	Lucker	Kondition	Lucker				

Figur 9. Exempel på ifyllt protokoll för manuella mätningar.

Projektrapport

Ammonikanivå – mättes med Kitagawapump och reagensrör för ammoniak. Mätningarna gjordes i hönans höjd över ströbädden.

Koldioxid – Mättes med Kitagawapump och CO₂-rör (endast en mätplats, i gång 5 vid koldioxidgivaren).

Luftfuktighet/temperatur – Mättes med en kombinerad digital mätare (Fluke 971) på samtliga 12 mätplatser.

Ströbädd - Kontrollerades med "krama boll-test" samt okulärt. Kramtestet bedömdes enligt;
0= Torr ströbädd: Går ej att krama till boll i handen. Faller sönder direkt.
1= Lagom torr ströbädd: Går att krama till boll men faller sedan sönder.
2= Fuktig ströbädd: Går att krama till boll och faller ej sönder.
3= Blöt ströbädd: Går att krama till boll och är blöt

Okulär beskrivning: Beskriva ströbäddens skick ex, lucker, våt, köttbullar, tjock, tunn

Kondens - Okulär besiktning av berörda byggnadsdelar inne stallet vid provtagning med bedömning enligt;
0= ingen kondens
1= kondens

Ingen bedömning av mängden kondens gjordes utan endast notering om det är kondens eller inte.

Utöver de manuella mätningarna som utfördes en gång per vecka registrerade personalen dagligen följande data från stallets ventilationsstyrningsenhet, se figur 10.

Avläsning från dator hus 31							
Datum & klockslag	Temp Utomhus	Relativ luftfukt.ute	Temp Inomhus	Relativ luftfukt.Inne	CO2 Inne	Ventilation %	Vent kapacitet (m3)

Figur 10. Dagliga mätningar från stallets dator.

Mätning av värmeväxlarens energianvändning, på samtliga tre faser, gjordes kontinuerligt under hela försöksperioden. Mätaren satt monterad i värmeväxlarens elskåp. Med 30 minuters intervall mättes även temperaturen på frånluft (från stallet till värmeväxlaren), tilluft och avluft (luft ut från värmeväxlaren). Detta gjordes för att kunna beräkna värmeväxlarens momentana värmeeffekt. Med driftinformationen om värmeväxlarens ventilerings och den momentana värmeeffekten går det att göra ett kvalificerat antagande om hur mycket värme värmeväxlaren har tillfört till stallet.

Projektrapport

eLink Daily Energy Report

2019/02/07



HIR Skåne

Elink User Since 2019/02/07

Period 2018/09/11 ~ 2019/01/20

Average daily

kWh 45.74

Cost (kr) 4.57 Estimated Cost of the Year: 1668.05

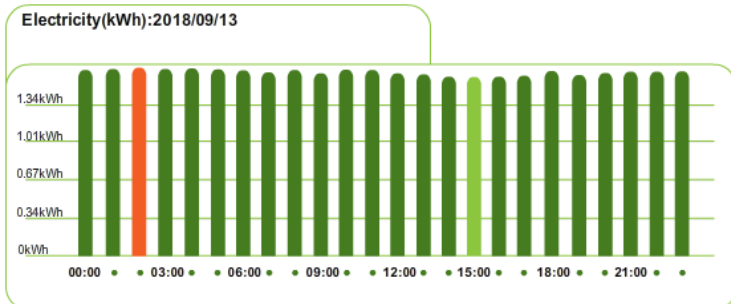
CO₂ (kg) 45.74

Consumption on 2018/09/13

kWh 39.22

Cost(kr) 3.92

CO₂ (kg) 39.22



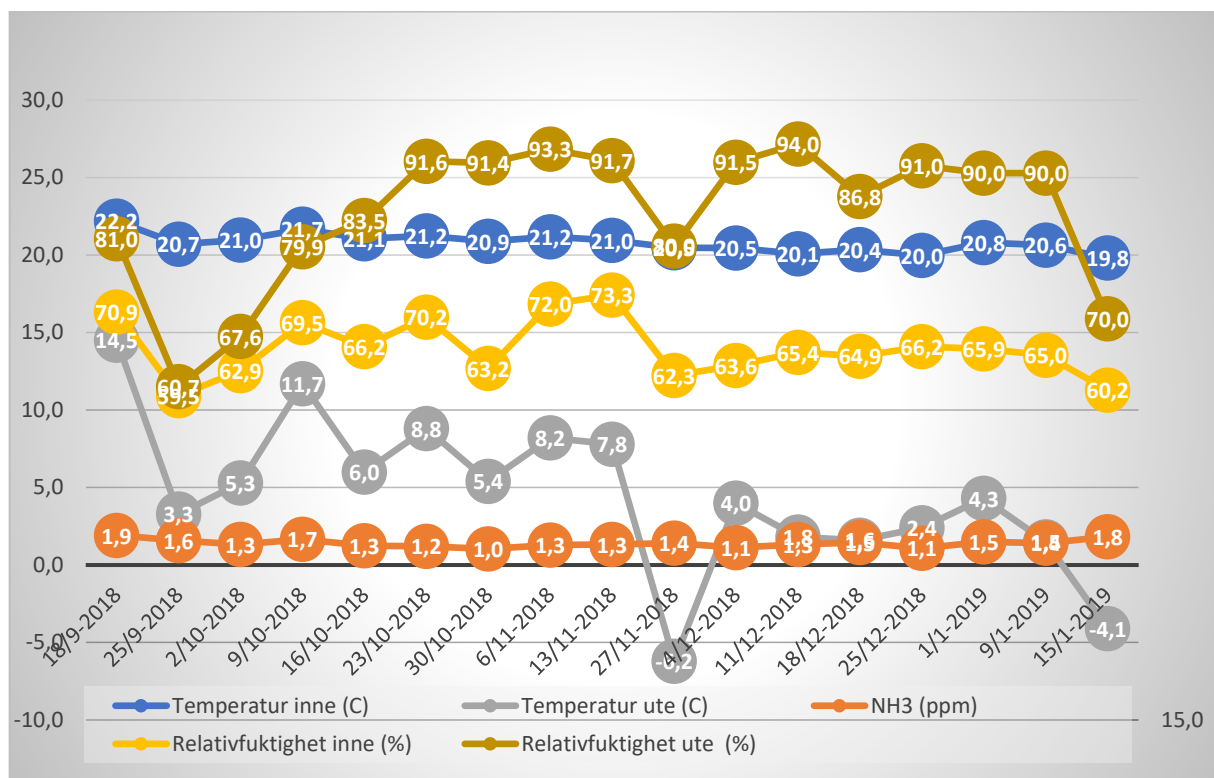
Figur 11. Rådata från mätverktyget Efergy. All data exporterades till Excel.

3.2.4 Resultat

Nedan presenteras resultaten från de sjutton veckor mätningar registrerades. Försöksperioden valdes för att täcka den tid på året då utmaningen att hålla ett bra stallklimat är som störst.

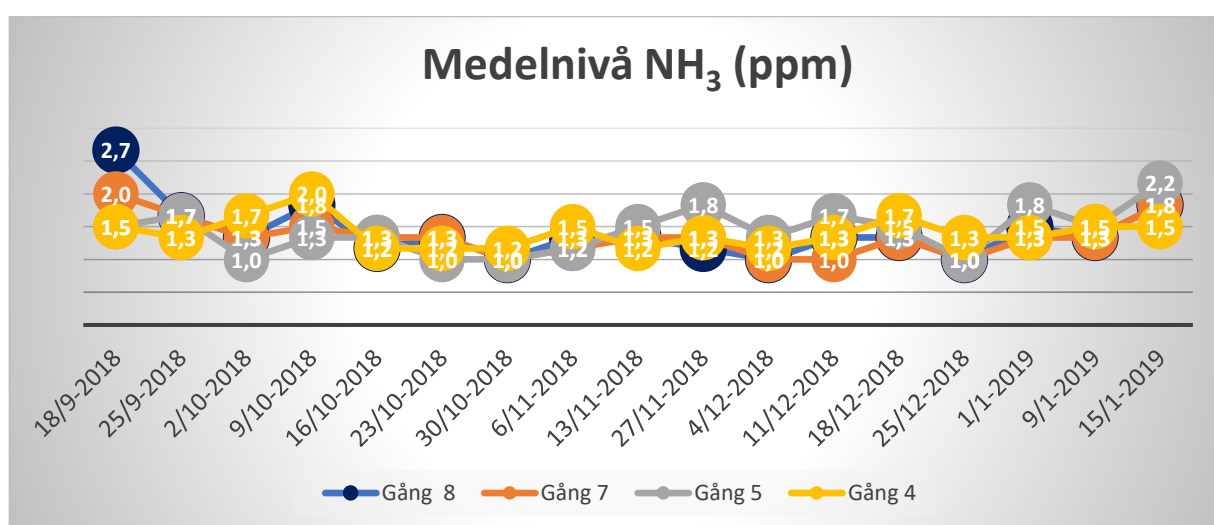
Tabell 3. Väderförhållande utomhus vid respektive mättillfälle.

180918	180925	181002	181009	181016	181023	181030	181106	181113	181127	181204	181211	181218	181225	190101	190109	190115
Uppehåll/ soluppgång	Uppehåll/ friskt	Kyligt/ lite dimma	Mulet/ uppehåll	Uppehåll/ friskt	Regn/ kraftig vind	Regn	Mulet	Dimmigt	Kallt	Uppehåll	Duggregn	Kallt/snö	Töväder	Kraftig vind	Regn/ dimma	Kallt



Figur 12. Mätvärden ammoniak, temperatur inne och ute samt relativ fuktighet inne och ute. Ammoniak, temperatur inne samt RF inne är medelvärden från de 12 mätpunkterna i stallet.

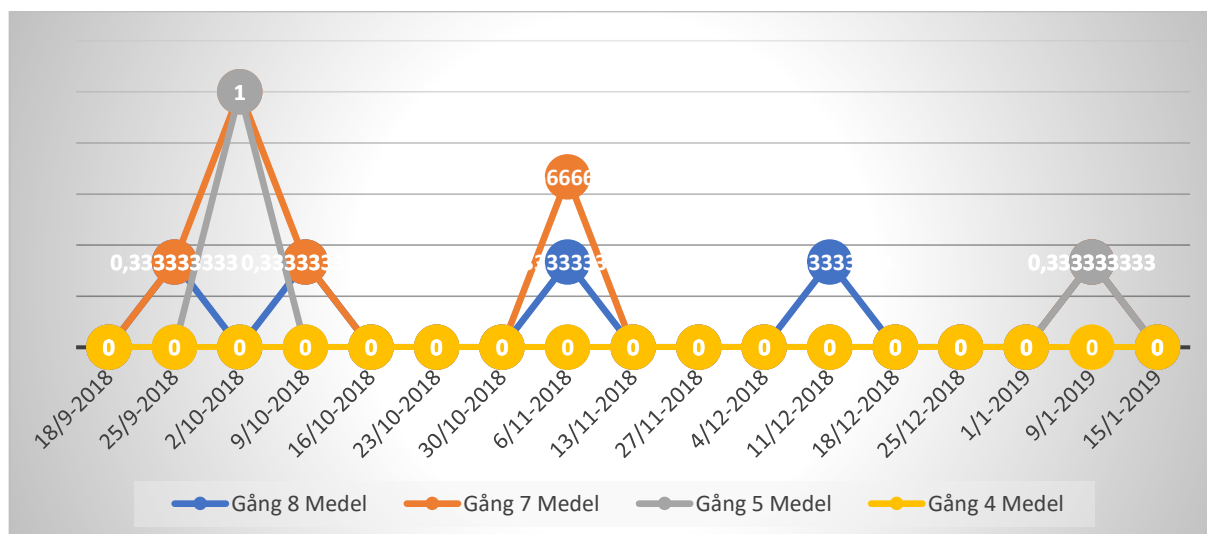
Utomhustemperaturen varierade mellan +14,5 och -6,2 grader under försöksperioden. Stalltemperaturen låg väldigt stabilt runt 20-21 grader och ammoniakkoncentrationen höll sig på mycket låga nivåer (mellan 1-3 ppm) trots hög relativ luftfuktighet utomhus.



Figur 13. Medelvärde av ammoniak per stallgång baserat på tre individuella mätvärden per gång.

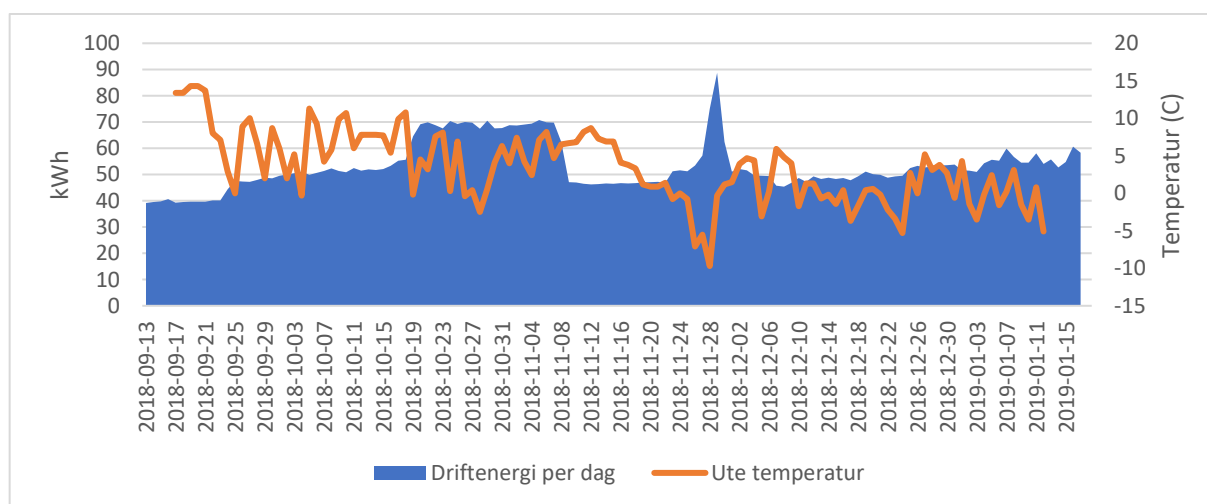
Projektrapport

Vid jämförelse mellan de olika stallgångarna kunde ingen skillnad ses. Det var en viss variation mellan dagarna men luftkvaliteten med avseende på ammoniak får anses vara jämn i hela djurutrymmet. Ingen kondens påvisades. Koldioxidkoncentrationen låg mellan 1600-2700 ppm.



Figur 14. Medelvärde av ströbäddspoängen per gång under försöksperioden.

Samtliga noteringar av ströbädden angav dess kondition som lucker under hela försöksperioden. Kramtestet gav genomgående 0 eller 1 på samtliga mätpunkter.

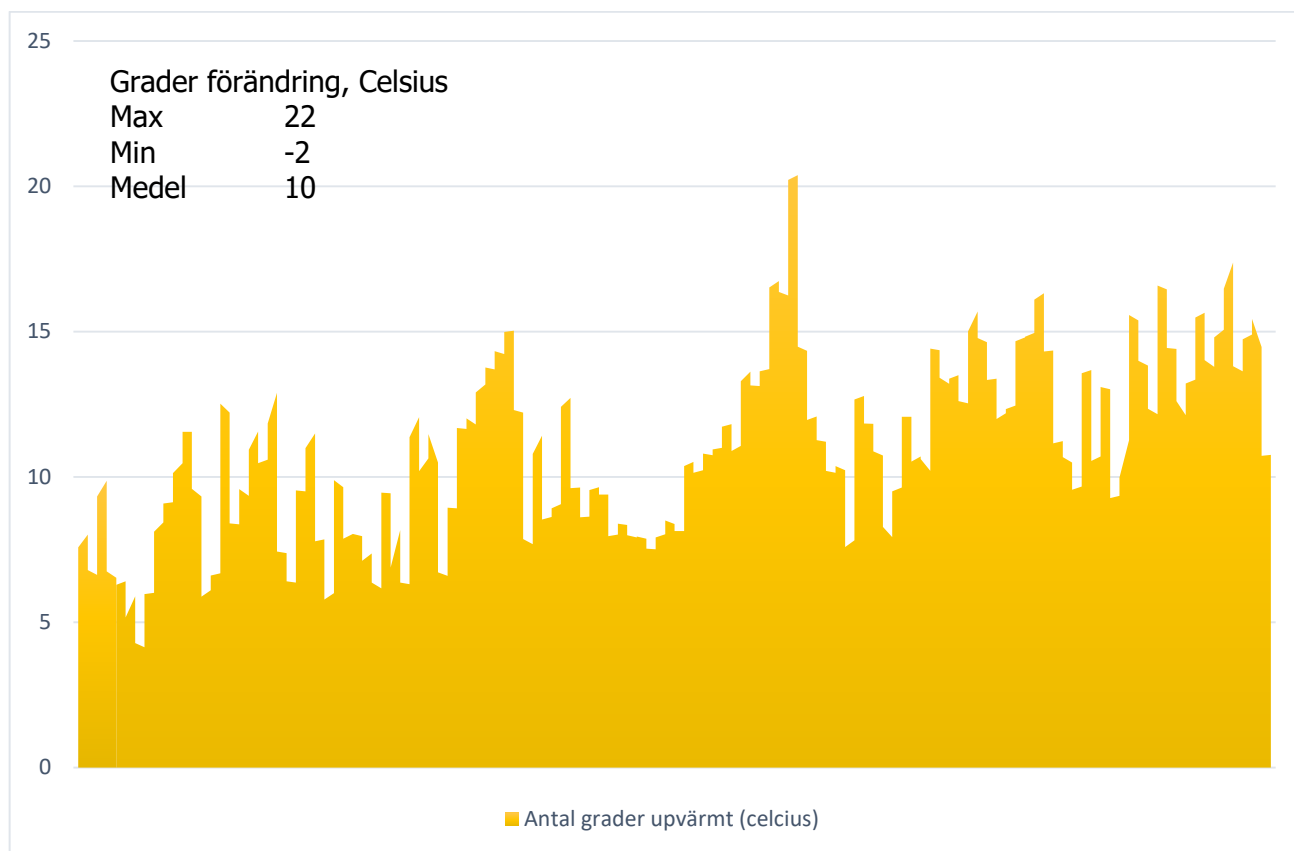


Figur 15. Energi till värmeväxlaren under hela försöksperioden samt utomhustemperatur.

Under försöksperioden använde värmeväxlaren i genomsnitt 53 kWh elenergi per dag. I figur 15 kan utläsas att energianvändandet gick upp över tid och sedan minskade påtagligt i början av november. Detta var resultatet av en justering av värmeväxlaren (utförd av leverantören) vilket ledde till att den använde mindre energi per dag jämfört med tidigare. Den andra toppen i diagrammet härrör till problem med tvättningen av värmeväxlaren samtidigt som det var extra kallt. Under mätperioden på 17 veckor uppmättes 6 775 kWh energi till värmeväxlaren. Det uppskattas att under ett år använder värmeväxlaren

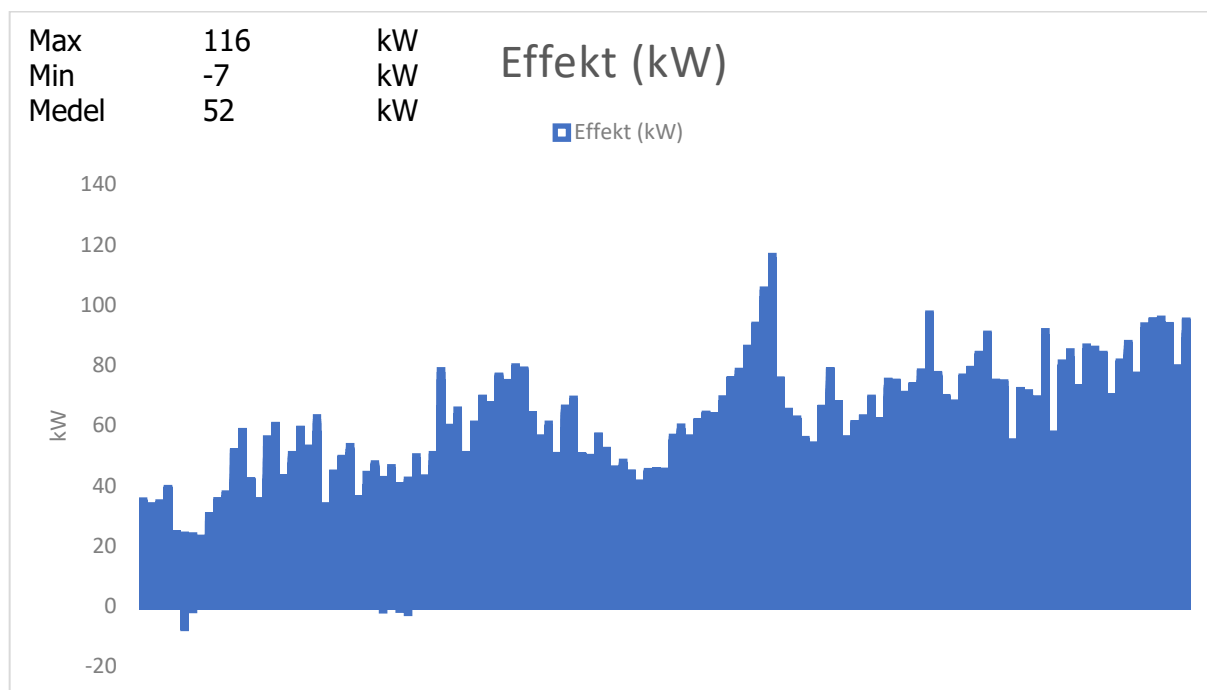
Projektrapport

samt de extra fläktarna inne i stallet cirka 20 000 kWh (ca tre gånger den uppmätta förbrukningen). Årlig driftkostnad blir då cirka 10 000 kr per år för elenergin (baserat på elpriserna juni, 2019).



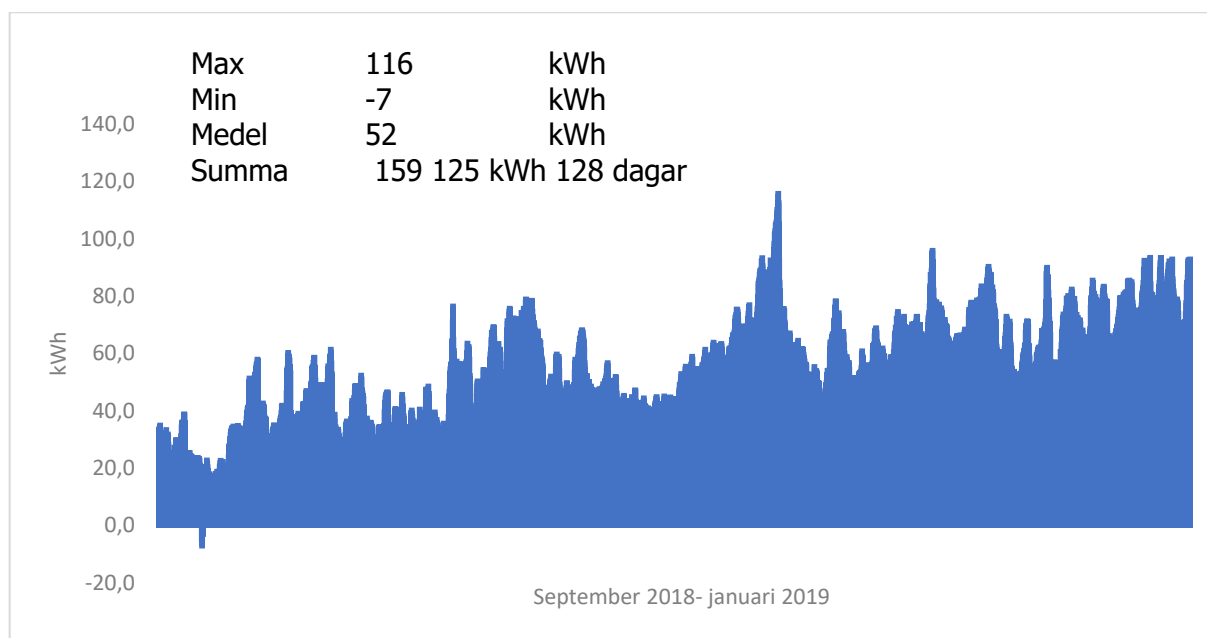
Figur 16. Antal grader (°C) tilluften har ändrats jämfört med uteluften. Värden loggade varje halvtimme under hela försöksperioden.

Från Figur 16 går att utläsa att ju större temperaturdifferensen är mellan utomhusluften och den luft som ventileras ut från stallet, desto mer värme kan växlas över till tilluften. Vid max antal grader var det minus 10 grader ute och tilluften var 12 grader. I genomsnitt höjde värmeväxlaren temperaturen på tilluften med 10 grader.



Figur 17. De olika avgivna effekterna från värmeväxlaren med tidsupplösning var 30:e minut. Minuseffekt innebär att värmeväxlaren har växlat ut värme ur stallet. September 2018 till januari 2019.

I början av försöket var det fortfarande förhållandevis varmt och vid ett par tillfällen har värmeväxlaren kylt tilluften in i stallet. Under försökets gång sjönk utetemperaturen och den avgivna värmeeffekten ökade. Detta var väntat då delta (differensen) mellan ute- och innetemperatur ökar så ökar effekten.



Figur 18. Energi avgiven i form av värme till värphönsstallet. Negativt värde innebär att värmeväxlaren har kylt stallet. Medel innebär mängd värme in till stallet per timme. Summan är total mängd värme till stallet under försöksperioden.

Projektrapport

I figur 18 anges mängden energi som tillfördes värphönsstallet via värmeväxlaren per timme under försöksperioden. Även här gav ett högre delta mellan ute- och innetemperatur en större mängd återvunnen energi in i värphönsstallet. Från uträknade 152 MWh under försöksperioden har det gjorts en uppskattning att värmeväxlaren skulle ha levererat totalt ca 318 MWh på årsbasis. Denna uppskattning är dock beroende av yttre förhållanden som temperatur och vind.

Tabell 4. Alternativa kostnader för samma mängd värme samt klimatpåverkan per år.

	kr/kWh	Summa	CO ₂ -ekv g/kWh	CO ₂ -ekv kg utsläpp	antal enheter	
<i>Flis</i>	0,25	79 560 kr	9,4	2 991	424,6	m ³ s
<i>El</i>	0,5	159 119 kr	125	39 780	318	MWh
<i>Olja</i>	0,8	254 591 kr	288	91 653	32	m ³
<i>Pellets</i>	0,65	206 855 kr	19	6 047	67,8	ton
<i>Halm</i>	0,25	79 560 kr	9,4	2 991	79,6	ton

I tabell 4 ovan har det gjorts antagande om vad den direkta kostnaden hade blivit om andra energibärare hade använts. Värt att notera att dessa kostnader endast är de direkta kostnaderna. Det har inte tagits någon hänsyn till investeringskostnader för att kunna leverera värme från dessa olika energibärare. Angående kostnaden för samma mängd värme som värmeväxlaren levererade är olja det dyraste alternativet. Priset per kWh för olja beror på svängningar på marknaden samt storleken på återbetalningen av energi- och koldioxidskatt. Flis- och halmkostnaden är de priser som HIR Skåne använder vid kalkyler och baseras på erfarenhet. Priset på pellets varierar även det över tid men 0,65 kr per kWh ses som ett riktpreis för pellets vid bulkköp.

Olja har högst klimatpåverkan, sedan kommer direktverkande el. Flis, halm och pellets har alla betydligt lägre klimatpåverkan än olja och el. Detta är de beräknade direkta utsläppen och det har inte tagits hänsyn till driften av exempelvis en oljebrännare eller flispanna och vilken klimatpåverkan dessa skulle ha. Detsamma gäller värmeväxlaren för vilken värmen som växlas in i stallet inte antas resultera i någon klimatpåverkan.

3.2.5 Diskussion

Då detta är en deskriptiv studie finns det inget kontrollstall att jämföra resultatet av installation av värmeväxlaren mot. Historiskt sett har dock detta stall haft stora problem med stallklimatet, vilket framgått från såväl producenten som vid kontroller i Svenska Äggs omsorgsprogram. Under vinterhalvåret har producenten fått jobba hårt för att hålla ammoniakkoncentrationen under gränsen på 10 ppm. Efter installationen av värmeväxlaren uppmättes under försöksperioden som högst 3 ppm vilket är en mycket låg nivå och något de endast lyckats uppnå sommartid tidigare. Det ska dock tilläggas att de parallellt med installationen av värmeväxlaren även installerade skrapspelen som drar ut ströbädden under aviärerna. Det har troligtvis också bidragit till en minskad ammoniakkoncentration då det är lättare att hålla en lagom tjock ströbädd som avger mindre ammoniak.

Projektrapport

Figur 14 visar att medelpoängen i kramtestet sjönk något under försöksperioden. Det kan troligen förklaras av att skraporna under aviärerna gick mer regelbundet samt att värmeväxlaren kördes på hög kapacitet under vintern.

Genom att förvärma den inkommande luften vintertid minskar man fukten i stallet både genom att den varmare luften kan bära mer fukt så den relativa luftfuktigheten sjunker men även genom att mer fukt kan ventileras ut då minimiventilationen kan ökas utan att sänka temperaturen inne i stallet. Att värmeväxlaren har haft stor effekt på fukten i stallet i försöket blir tydligt både genom de låga poängen i ströbäddstestet och då koldioxidnivåerna i stallet ligger på ganska normala nivåer för den här typen av fjäderfästall vintertid. Koldioxid kan man ventileras ut men för att få ner ammoniakkoncentrationen i stallet måste fukten bort. Att endast öka ventilationen drar bara in mer fukt samt att de ökade luftfuktigheterna bidrar till ökad ammoniakavgång från ströbädden.

I figur 13 kan en liten tendens till ökning av ammoniak inne i stallet ses under de sista veckorna. Vädret var under den perioden mycket ofördelaktigt med hög luftfuktighet och några plusgrader. Det bör då tas i beaktning att under hela mätperioden var ammoniakkoncentrationen i medeltal 1,4 ppm. Under de sista fem veckorna av mätperioden steg dock medelkoncentrationen av ammoniak endast med 0,05 ppm. Värt att notera är att detta ligger inom en felmarginal för avläsningsfel. Samtidigt skulle det också kunna visa på att värmeväxlarens effekt på ammoniakkoncentrationen inne i stallet har nått sin maxgräns, att mer energi skulle ha behövts tillföras för att hålla den låga ammoniakkoncentrationen stabil. Detta försök gör dock ingen utvärdering av vilken storlek av värmeväxlare som behövs för att hålla nere ammoniakkoncentrationen i ett stall av en viss storlek vilket skulle vara av intresse för framtida studier.

Det gjordes ingen utredning kring driftkostnad för de olika värmealternativen. Värmeväxlaren tar vara på värme som annars skulle ventileras ut ur stallet. Även om driften av värmeväxlaren är dyrare än andra alternativ, som t. ex. direktverkande el och olja, så vägs det upp av att kostnaden för värmen som värmeväxlaren återvinner är obefintlig. Värmen som återvinns är en besparing av foder och någon annan typ av värme för att uppnå samma stallklimat. Utan tillskottsvärme tillkommer ökade arbetskostnader för att mer frekvent minska eller byta ströbädden samt eventuella produktionsförluster. Producenten angav att han även sparat mycket pengar på att inte längre behöva tillsätta Stalosan eller Staldren till ströbäddarna.

Produktionen i stallet fungerade mycket bra under försöksperioden. Producenten upplevde att foderkonsumtionen var lägre samt att antalet ägg ökat något. Dödligheten var låg. Djuren var bara 45 v gamla när försöket avslutades men med en grov uppskattning förväntade sig producenten att spara ett kilo foder per höna och få ett extra ägg per höna under produktionsomgången. Det ska dock understrykas att detta endast är baserat på en kort period och att flera produktionsomgångar behöver följas innan man kan dra några konkreta slutsatser av hur stor effekt ett förbättrat stallklimat har på produktionsresultaten. Man måste också ha i åtanke att hönsen blir allt effektivare så en del av de förbättrade produktionsresultaten troligen kan härledas till avelsframsteg. Att ammoniakkoncentrationen inne i stallet var så låg under hela försöksperioden är dock otvetydigt positivt för både djur- och arbetsmiljö.

Baksidan av den torrare stallmiljön är att producenten upplever att det har blivit dammigare. Frågan som väcks är hur man ska nå en bra balans? Damm har också negativa effekter på både djur och skötare. Vad är en acceptabel ammoniaknivå? Man når aldrig 0. Är 7-8 ppm en acceptabel nivå eller bör man eftersträva under 5 ppm? Det har inte gjorts någon utredning om exakt hur mycket värme som behövs för att minska ammoniakkoncentrationen ner till en acceptabel nivå. Detta skulle kunna göras i framtida studier för att kunna dimensionera värmeväxlaren till rätt storlek. Det har inte heller gjorts något försök

Projektrapport

där olika typer av värmeväxlares funktion har jämförts när det gäller att hålla nere ammoniakkoncentrationen inne i svenska värphönsstall.

3.2.6 Slutsats

I de förhållanden som rådde under försöksperioden, i denna delstudie och med den värme som värmeväxlaren återvann så hölls ammoniakkoncentrationen på mycket låga nivåer. Trots en relativt hög investeringskostnad gör det faktum att den återvunna värmeenergin är i princip gratis att värmeväxlare ändå är ett både ekonomiskt intressant och även klimatsmart alternativ för att genom tillskottsvärme kunna hålla ett bra klimat i stallet året om.

3.3 Klimatanläggning, ventilation och ammoniakavgång

3.3.1 Bakgrund

Stallar för värphöns ska vara välisolerade och försedda med klimatanläggning. En god isolering förhindrar bl.a. kondens på invändiga ytor vilket förhindrar ogynnsam miljö såsom ökad fukt med ökade ammoniakkoncentrationer. Klimatanläggningens uppgift är att hålla skadliga gaskoncentrationer låga med bibehållet gott luftombyte som ger hönsen och produktionen en gynnsam inomhusmiljö avseende bl.a. temperatur och relativ fuktighet. Med klimatanläggning avses ventilationsinstallationer, och i förekommande fall värmeinstallationer, med tillhörande styr- och övervakningssystem (Poulsen & Pedersen, 2016).

Generella påverkansfaktorer på ammoniakavgång till stalluften som kan härledas till klimatanläggningen är;

- Temperatur i stalluft och gödsel
- Stallens ventilationsprinciper och ventilationsflöden
- Luft rörelser kring gödseln
- Luftläckage genom utgödslingssystem (Jeppsson & Gustafsson, 2009)

Syftet med denna delstudie vara att genom en litteraturstudie presentera hur klimatanläggningens uppbyggnad och funktion påverkar ammoniakavgången till stalluft. Detta verifieras senare genom studie i en befintlig värphönsbesättning där mätningar och iakttagelser gjordes av klimatanläggningens funktion och uppbyggnad.

3.3.2 Hypotes

Klimatanläggningens olika delar och funktioner har betydelse för ammoniakavgången till stalluft och med kännedom om dessa kan man minska ammoniakavgången till stalluft.

3.3.3 Metod

Studien gjordes som en litteraturstudie samt studie i värphönsbesättning med frigående höns med möjlighet till utevistelse. I fält gjordes mätningar och iakttagelser av klimatanläggningens uppbyggnad och funktion samt hur detta kan tänkas påverka ammoniakavgången till stalluft.

Stallet som studerades var ett stall för 18 000 stycken höns i ekologisk produktion beläget i klimatzon A enligt ventilationsstandarden SS 951050:2014. Stallet var uppdelat i sektioner med 3000 stycken höns i vardera grupp åtskiljda av nätväggar. Hönsen hade möjlighet till utevistelse i rastgårdar via verandor från stallet. Inredningen var av typen aviärer, fabrikat Big Dutchman, i tre rader försett med reden, foderkedjor, vattennipplar och gödselmattor. Utgödsling via mattorna skedde två gånger i veckan.

Ventilationsprincipen var undertrycksventilation med sju stycken frånluftsfläktar samt 80 stycken tilluftsintag/spaltdon à 2000 m³ (h x st.). Frånluftsfläktarna reglerades enligt tabell 5 och var placerade mitt i stallet. Tilluftsdonen var placerade i två rader på var sida om frånluftsfläktarna där tilluftsöppningarna vette bort från fläktarna. Regleringen av ventilationen var automatisk med T-, rf- och CO₂-givare. Ingen ammoniakmätare eller tilläggsvärme fanns installerad. Takhöjden var 4 m.

Projektrapport

Tabell 5. Fläktprogram.

Steg nr.	Fläkt nr.	Kapacitet (m ³ /h)	Reglering
1	4	23000	Varvtal
2	3	23000	Steg on/off
3	5	23000	Steg on/off
4	2/6	46000	Steg on/off
5	1/7	46000	Steg on/off
Total kapacitet		161 000	

Vid besöket gjordes framförallt studier av luftens rörelser i stallet via rökgas. Rökgasstudier gjordes med Regin rökgasflaska enligt bild 2. Vid mer avancerade studier bör en rökmaskin, lämplig för ändamålet, användas. Rökgasflaskor fungerar väl vid mindre studier eller att man som djurägare själv på ett enkelt sätt vill kontrollera luftens väg i stallet.



Bild 2. Regin rökgasflaska (www.regincontrols.com).

Dessutom mättes de momentana värdena av T_{ute} (20 °C), T_{inne} (21 °C), rf_{inne} (60 %) och NH_3 (8 ppm med Kitagawapump). Övriga iakttagelser som gjordes var eventuell påverkan på byggnadsdelar av kondens samt ströbäddens kondition. Lufthastighet och luftflöden mättes ej.

3.3.4 Resultat och diskussion

Under "Bakgrund" presenterades flera generella påverkansfaktorer på ammoniakavgång till stalluften och som kan härledas till klimatanläggningen. Den första av dessa är temperatur i stalluft och gödsel. I ett stall påverkas ammoniakavgången till stalluft exponentiellt med ökande temperaturer. Den exponentiella ökningen beror på att temperaturen ökar dels i stalluften och dels i gödseln vilket gör att det blir både en direkt avgivning från gödselytan till luft samt en indirekt avgivning beroende på gödseltemperaturen (Jeppsson & Gustafsson, 2009).

Dimensionerande stalltemperatur för värphöns är 20 °C vintertid samt 24 °C sommartid (SS 951050:2014). Man kan sänka stalltemperaturen eftersom äggläggande befädrade värphöns klarar låga temperaturer under förutsättning att de ökar sitt foderintag. Under äggproduktionen minskar dock ofta befjädringen varvid hönsens förmåga att klara lägre temperaturer också minskar, vilket måste tas i beaktande. Man räknar med att foderförbrukningen ökar eller minskar med 1-1,5 gr/(höna x dygn) för varje grads (°C) temperaturändring (Poulsen & Pedersen, 2016).

Vid tidpunkten för besöket förekom inga höga ammoniakkoncentrationer vilket troligen berodde på flera faktorer såsom att väderförhållandena var optimala, stallet var välventilerat bl.a. genom att det var öppet ut till rastgårdarna, ströbädden var torr etc. De perioder som förhållandena inte är optimala så kan

Projektrapport

åtgärder vidtas för att minska ammoniakavgången till stallluft. För stallmiljön tycks den främsta förbättrande åtgärden vara att installera tillskottsvärme så att den relativa fuktigheten kan hållas på gynnsamma nivåer samt att ventilerings av stallen kan ske utan för stora värmeförluster (Poulsen & Pedersen, 2016). Generellt gäller att det är viktigt att tänka på ammoniakreducerande åtgärder vid planeringen av ett nytt stall eftersom många åtgärder är kostsamma att installera i efterhand i befintliga stallar (Hellsten, 2017).

Som beskrivits tidigare var stallens ventilation mekanisk. Vid mekanisk ventilation kan man få högre lufthastigheter i jämförelse med en naturlig ventilation. Rekommenderad lufthastighet kring hönsen är maximalt 0,2 m/s men kan under varma perioder ökas om effekten ska vara svalkande (Poulsen & Pedersen, 2016). I fältstudien mättes inte lufthastigheter utan luftrörelser visualiserades med rökgas. Luftrörelser kring gödslade ytor påverkar ammoniakavgången till stallluft. Ju högre lufthastigheter kring gödslade ytor desto mer ammoniakavgång (Groot Koerkamp et al., 1995). I fältstudien kontrollerades luftrörelser kring gödslade ytor med rökgas. Inga nedslag av tilluft kunde registreras på gödselmattorna. Däremot på ströbädden och sådana nedslag kan orsaka ökad ammoniakavgång till stallluften under ogynnsamma förhållanden. Är tilluften torr så kan eventuellt det motsatta ske eftersom ströbädden då torkas. Ökad ts-halt i ströbädden bidrar till minskad tillgänglighet av vatten för de mikrobiella processerna vilket i sin tur minskar ammoniakproduktionen (Groot Koerkamp et al, 1995; Groot Koerkamp et al., 1998).

Det finns åtgärder man kan vidta för att minska ammoniakavgången till stallluft. I denna studie fokuserades på klimatanläggningens funktion. Den troligen viktigaste åtgärden man kan vidta för att förbättra stallmiljön, inkluderat ammoniakavgång till stallluft, är att tillföra värme i klimatreglerade stallar. Detta så att en torrare stallluft kan erhållas, under de fuktiga perioderna, samt att god luftväxling kan ske vintertid med bibehållen temperatur utan att luftflödena behöver strypas. Vintertid dimensioneras ventilationen utifrån att föra ut den fukt och koldioxid som bildas. Det som händer när man ventilerar utifrån dessa parametrar är att man även ventilerar ut värme. Kompenseras inte värmeförlusten av värmetillskott från djur och installationer går stalltemperaturen ned. Sjunker stalltemperaturen för mycket kan man inte åtgärda det genom att strypa ventilationen eftersom det får konsekvensen att fukt- och gaskoncentrationerna blir för höga. Sättet att komma tillrätta med sådana problem är att tillföra värme så att producerad fukt samt luftföroreningar fortfarande kan föras ut ur stallen utan alltför stor värmeförlust.

Med rökgas kan man på ett relativt enkelt sätt kontrollera luftrörelser i sitt stall. Vid mer avancerade studier bör en rökmaskin, lämplig för ändamålet, användas. Rökgasflaskor fungerar väl vid mindre studier eller att man som djurägare själv på ett enkelt sätt vill kontrollera luftens väg i stallen. Med rökgas kan man till exempel se luftrörelser kring gödslade ytor. Ökade luftrörelser kring gödslade ytor ökar ammoniakavgången till stallluften. Är det oönskade luftrörelser så bör man åtgärda detta.

I stallar idag installeras ibland ammoniakmätare. Det förekommer även diskussioner om att ventilationen delvis ska styras utifrån ammoniakkoncentrationer i stallluften. Mellan ammoniak i stallluft och ammoniak löst i vätska, till exempel i vätskefasen i ströbädden, råder en balans. Detta innebär att om den gasformiga ammoniaken ventileras bort, genom ökade ventilationsflöden, så kommer mer ammoniak avgå från vätskefasen i ströbädden till stallluften. Ammoniakkoncentrationerna i stallluften är därmed svåra att påverka genom ökad ventilation (Ehrlemark, 2013).

Vid byggnation av stallar så ska man på ett tidigt skede fundera kring hur man kan skapa en god stallmiljö i sitt blivande stall. Det kan vara kostsamt att vidta åtgärder i efterhand.

3.3.5 Slutsats

Klimatanläggningens uppbyggnad och funktion är viktig för att erhålla en god stallmiljö samt att på så vis hålla ammoniakkoncentrationerna i stalluft på låga nivåer. Den troligen viktigaste åtgärden man kan vidta för att förbättra stallmiljön, inkluderat ammoniakavgång till stalluft, är att tillföra värme i klimatreglerade stallar.

4. Analys och rekommendationer

Projektmålet var att ta fram en rapport med konkreta förslag på åtgärder som producenterna kan implementera i sina företag. Litteraturstudien visade att ammoniakavgång i värphönsstall kan påverkas på en mängd olika sätt. I intervjuerna som genomfördes framkom att producenterna redan använder sig av flera av dem. Trots det upplevde vissa av dem problem med sitt stallklimat, vilket indikerar att insatta åtgärder inte är tillräckliga. Huruvida det beror på att åtgärderna som sådana inte är tillräckliga eller om de utförts på ett felaktigt sätt har inte kunnat fastslås i intervjustudien.

Foderföretagen är duktiga på att optimera foder anpassat för respektive hybrid samt den fas av tillväxt eller produktion hönan befinner sig i. Ett väloptimerat foder minskar mängden kväve i träcken som kan omvandlas till ammoniak. Att utöver detta komplettera fodret med någon form av grovfoder, snäckskal, grus och mineralsten (Peckstone) bidrar både till hönans matsmältning och sysselsättning och är dessutom positivt för ströbäddarna. Balar med grovfoder eller tråg med grus, snäckskal etc. kan placeras på ströytorna och hönsens aktivitet bidrar till att torka upp ströbäddarna. Manuellt eller med hjälp av tekniska lösningar minskas ströbäddstjockleken löpande för att minska mängden gödsel som kan avge ammoniak.

Producenterna jobbar också aktivt med ventilationen där framför allt luftfuktighet och luftrörelserna i stallet påverkar ammoniakavgången. Det blir allt vanligare med cirkulationsfläktar som ger ett jämnare stallklimat generellt men även får den varmare luften som normalt stiger mot taket att nå golvnivå och hjälpa till att hålla ströbäddarna torra. Det är även viktigt att bygga bort köldbryggor så att kondens kan undvikas och att se till att vattennipplar inte läcker, allt för att inte tillföra onödigt fukt till ströbäddarna. Utöver redan nämnda insatser angav producenterna tillskottsvärme som ett sätt att hålla ner ammoniakkoncentrationen i stallen.

Ammoniakavgången kan också minskas genom tillsatser av ämnen som binder det utsöndrade kvävet eller på annat sätt minskar produktionen av ammoniak genom att motverka den mikrobiella aktiviteten i ströbädden. Tillsatserna kan göras antingen i ströbädden eller i fodret. I zeolitstudien som utfördes i projektet hade den inblandning som gjordes i fodret dock ingen påvisbar effekt på ammoniakavgången i stallet under försöksperioden. Stalosan® och Staldren® används flitigt som tillsatsmedel i ströbäddarna inom slaktkycklingsnäringen. Stalosan® är korrosivt och av den anledningen är det inte lika frekvent använt i värphönsstall där det finns mer inredning som kan ta skada. Staldren® används av äggproducenterna främst då ströbädden ska etableras vid insättning av nya hönor samt som hygienisering på särskilt utsatta delar, som framför luckorna ut till verandor etc. Hur effektivt tillsats av Staldren® i ströbädden minskar ammoniakavgången studeras i ett annat projekt med fokus på stallklimat och arbetsmiljö. Det skulle även vara intressant att göra försök för att se om olika strömedel påverkar ammoniakavgången, även om intervjuerna inte gav stöd för en sådan hypotes.

Ventilationsstudien visade vikten av att hålla stalltemperaturen inom spannet för hönans termiska komfort. För låg temperatur måste hönan kompensera med ett ökat foderintag. För hög temperatur påverkar både hönans välbefinnande och produktion. Höga temperaturer resulterar dessutom i en exponentiellt ökad ammoniakavgång. Under kalla perioder är det extra viktigt att minimiventilationen inte ställs för lågt, den fukt och koldioxid som djuren producerar måste ventileras ut. Ventilationen styrs ofta av temperatur och relativ luftfuktighet men har man inte möjlighet att tillsätta värme så går ventilationen ner på så låg nivå att stallklimatet äventyras. Det är bra att ha som rutin att justera tilluftsdon etc. någon gång per år samt att kontrollera luftrörelserna i stallet. Tilluften ska nå överallt men snabba luftrörelser över gödslade ytor bör undvikas då det bidrar till ökad ammoniakavgång.

I studien av stallet med värmeväxlaren var ammoniakkoncentrationen väldigt låg under hela försöksperioden. Baksidan av det torrare stallklimatet var att det istället uppstod problem med damm.

Detta var den första vintern sedan värmeväxlaren installerades och eventuellt kördes värmeväxlaren på en högre effekt än som var nödvändigt. Fler och längre studier behövs för att optimera inställningar och för att kunna dra slutsatser om hur mycket värme som behövs för att hitta en balans och uppnå ett optimalt stallklimat. Det finns olika typer av värmeväxlare som använder sig av olika principer för att återvinna värmeenergi, vilken som är mest effektiv för svenska värphönsstall är inte känt. Det finns även modeller som har möjlighet att kyla den inkommande luften vilket kan bli en intressant faktor i ett varmare klimat då vi eventuellt kommer att se behov av att kyla våra djurstall sommartid. En invändning som har funnits hos producenter med mindre produktionsenheter är att värmeväxlare är för stora och därmed innebär en för stor investering för en mindre producent. För att bli ett gångbart alternativ för branschen behövs värmeväxlare av olika storlek och kapacitet.

Alla insatser som görs för att förbättra stallklimatet innebär en kostnad. Det vore därför intressant att följa upp hur mycket ett förbättrat stallklimat påverkar produktionen. Konkreta siffror på foderförbrukning och produktion skulle motivera producenterna att lägga mer tid och pengar på insatser och investeringar direkt riktade att förbättra stallklimatet om man kan visa att insatsen snart räknas hem via bättre djurvelfärd och förbättrad produktion. I försöket med värmeväxlaren hade det varit givande om det hade funnits en parallell avdelning eller ett likadant stall utan värmeväxlarens bidrag av värmeenergi att jämföra med. Då värmeväxlarna fortfarande är få i branschen fanns ingen sådan anläggning att förlägga studien på så upplägget fick bli deskriptivt med slutsatser som baseras på uppskattningar och grova beräkningar. Producenten som lät installera värmeväxlaren är dock väldigt nöjd med utfallet så här långt. Kalkylen skulle se olika ut för alla producenter beroende på investeringskostnad, möjlighet till investeringsstöd, räntor, miljökrav från kommunen, anläggnings- och installationskostnad m.m. Kalkylen påverkas dessutom av hur du jobbat med ditt stallklimat tidigare och vilka produktionsresultat du hade innan. Producenten är säker på att hans investering är betald inom avskrivningstiden på 10 år och har även valt att investera i värmeväxlare till sina två andra stall.

Sammanfattningsvis måste man jobba kontinuerligt och förebyggande med stallklimatet och inte börja sätta in åtgärder när det redan har blivit ett problem. Ammoniaken börjar få skadliga effekter på djuren redan vid 10 ppm. En blöt, kompakt ströbädd går inte att rädda utan måste bytas ut vilket är både tungt och tidskrävande. Det finns idag ingen enkel lösning, höns producerar gödsel som i sin tur avger en mer eller mindre mängd ammoniak. I system för frigående höns finns ingen möjlighet att frekvent få ut all gödsel som hamnar i ströbädden men den måste reduceras löpande, antingen via tekniska hjälpmedel eller manuellt. Baserat på såväl litteraturstudie, intervjuer och praktiska försök är installation av värmeväxlare den åtgärd som har bäst effekt på ammoniakavgången vid fuktig väderlek i värphönsstallar med frigående värphöns. Den relativa fuktigheten kan hållas på gynnsam nivå och ventilerings av stallet kan ske utan för stora värmeförluster.

Referenser

Litteraturgenomgång

- Andersson Mats (1994) Performance of Additives in Reducing Ammonia Emissions from Cow Slurry. Division of Buildings-, Energy- and Environmental Technology.
<http://www.stalosan.dk/media/7168/3. Performance of additives in reducing ammonia emission from cow slurry.pdf>
- Big Dutchman International GmbH (2014) Heat exchanger Earny Type 40 000, Efficiency of heat recovery under practical conditions, DLG Test report 6140F
- Blake John P. & Hess Joseph B (2001) Litter Treatments for Poultry. Alabama Cooperative Extension System, ANR-1199
- Bruce David, Cecilie Mejdell, Virginie Michel, Vonne Lund, and Randi Oppermann Moe (2015) Air Quality in Alternative Housing Systems May Have an Impact on Laying Hen Welfare. Part II—Ammonia. *Animals (Basel)*. 3, 886–896.
- Czarick, M., Fairchild, B. (2001) *Environmental controller temperature sensor placement*. Poultry housing tips 13, 1-5. The university of Georgia, cooperative extension service. College of Agricultural and Environmental Science
- Esmail Salah (2016) Reducing ammonia emissions in poultry.
<https://www.poultryworld.net/Health/Articles/2016/8/Reducing-ammonia-emissions-in-poultry-2846988W/>
- Gerlach Achim, Schmidt Hans -Peter (2014) *The use of biochar in cattle farming*, the Biochar Journal 2014, Arbaz, Switzerland. ISSN 2297-1114 www.biochar-journal.org/en/ct/9
- Groot Koerkamp, P.W.G., Keen, A., Van Niekerk, Th.G.C.M., Smit, S. (1995) The effect of manure and litter handling and indoor climatic conditions on ammonia emissions from battery cages and an aviary housing system for laying hens. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 43, 351-373.
- Gustafsson, G., von Wachenfelt, E. (2000) Ammonia extraction by ventilation of loose-housing systems for laying hens. *Journal of Agricultural Engineering Research* 75, 17-25.
- Holmberg Sofia (2013) Luftkvalitet vintertid för frigående värphöns i stall utan tillsatsvärme -utvärdering av föreslagen kontrollista. Masterarbete , Avancerad nivå A2E, LTJ Fakulteten, SLU
- Jeppsson, K-H., Gustafsson, G. (2009) Byggnadstekniska åtgärder för lägre ammoniakemissioner från djurstallar. Rapport 2009:12. Lantbrukets Byggnadsteknik (LBT), Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Nörregård Hansen M (2013) Rokkedahl Energi. Ammonia Emission from Broiler Houses. Effects of the Agro Clima Unit Heat Exchange System. ETV Test Center and Test organisation, version 1-3, 04-05-2013
- Patterson P H & Adrizal I (2005) Management Strategies to Reduce Air Emissions: Emphasis—Dust and Ammonia. Poultry Science Association, Inc. Downloaded from
<https://academic.oup.com/japr/article-abstract/14/3/638/832595> on 29 May 2018

Projektrapport

Secher S (2014) Erik satsar 100 procent på sina höns - Följ med på stallrunda om stallklimat. Fjäderfä (8) 14-18.

Ziggity Systems, Inc. (2018) Ammonia in the poultry house sabotages production; can impact poultry workers' health. <https://ziggity.com/ammonia-in-the-poultry-house-sabotages-production-can-impact-poultry-workers-health/> 2018-05-05

Försök i testmiljö – Zeolit

Jeppson, K. H & Gustafsson, G. 2009. Byggnadstekniska åtgärder för lägre ammoniakemission från djurstallar, Rapport 2009:12 Lantbrukets byggnadsteknik, Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet

Nowakowicz-Debek, B., Wlazlo, L., Tymcyna, T., Chmielowiec-Korzeniowska, A. 2011. Absorption of ammonia from the faeces of mink by using sodium bentonite. *Przemysl Chemiczny*. 90(5):958-960

Wlazlo L., Nowakowicz-Debek, B., Kapica, K., Kwiecien, M., Pawlak, H., 2016. Removal of ammonia from Poultry manure by aluminosilicates. *Journal of Environmental Management*, 183: 722-725

<http://www.grisforetagaren.se/?p=24260&m=3258&pt=114> 2018-10-16

Installation av värmeväxlare

Alm, M. & Jamieson, M. 2017. Utvärdering av digitala innovationer för mätning och styrning av klimat i fjäderfästallar

http://www.lantbruksforskning.se/projektbanken/utvardering-av-digitala-innovationer-for-matning-o/?app_year=2017&page=2&category=&pub_year=&search=

Klimatanläggning, ventilation och ammoniakavgång till stallluft

Alm, A. & Jaimeson, M. (2017) Utvärdering av digital innovation för mätning och styrning av klimat i fjäderfästallar”

Ehrlemark, A. (2013). Handbok i energieffektivisering, del 5, ventilation i djurstallar. LRF.

Hellsten, S. (2017). Ammonia emissions in Sweden - Inventories, projections and potential for reduction. IVL Swedish Environmental Research Institute.

Jeppsson, K-H., Gustafsson, G. (2009) Byggnadstekniska åtgärder för lägre ammoniakemissioner från djurstallar. Rapport 2009:12. Lantbrukets Byggnadsteknik (LBT), Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.

Groot Koerkamp, P.W.G., Speelman, L., Metz, J.H.M. (1998) Litter composition and ammonia emission in aviary houses for laying hens: Part I, Performance of a litter drying system. *Journal of Agricultural Engineering Research* 70, 375-382.

Gustafsson, G. & von Wachenfelt, E. (2004). Begränsning av luftföroreningar vid inhyssning av golvhöns (Limitation of air pollutants in housing of laying hens in floor systems). Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Agricultural Biosystems and Technology, Report 129, 58 pp. (In Swedish)

Projektrapport

Poulsen, H. & Pedersen S. (2016). Klimateknik – ventilation, isolering og opvarmning. Seges.

SS 951050:2014. Lantbruksbyggnader – Ventilations- och värmebehov i djurstallar. SIS Swedish Standards Institute.

Bilaga 1. Intervjuer med producenter-frågeformulär

- Är byggnaden byggd för värphöns och det inhysningssystem som finns där idag?
- Hur gammal är inredningen och är den bytt sedan byggnaden uppfördes?
- Vilken typ av klimatanläggning används? Hur gammal är anläggningen och är den bytt sedan byggnaden uppfördes?
- Hur ser upplägget ut med tilluft/frånluft/tilläggsvärme (antal, placering etc.)?
- Finns det goda möjligheter att göra justeringar i ventilationen (digitala och mekaniska)?
- Känner du att du har tillräckliga kunskaper för att göra de justeringar i ventilationen som du önskar? Skulle det vara önskvärt med bättre kunskap om systemet?
- Vem kontaktar du om du skulle behöva hjälp med ventilationssystemet? Känns dessa personer kompetenta? Brukar de kunna avhjälpa problemet?
- Vad fungerar bra- respektive dåligt med ventilationssystemet?
- När uppstår problemen och hur yttrar de sig? (höga ammoniaknivåer, drag, damm, kondens, dåliga ströbäddar etc.)
- Upplever du att du har en jämn temperatur i stallet? Om inte, var är det varmast/kallast?
- Upplever du att det är svårt att hålla nere ammoniaknivåerna? Vad gör du för att försöka hålla dem nere?
- Vilka klimatparametrar mäts/kontrolleras i stallet (temp, koldioxid, luftfuktighet, ammoniak)?
- Vilken typ av utgödslingssystem används? Sker någon torkning av gödseln? Hur ofta sker utgödsling?
- Hur ofta minskar ni ströbädden (frigående).
- Vilka rutiner för uttag av strö har ni (hur ofta, byter hela ströbädden på en gång eller delvis, tas ströbädden ut manuellt eller med skrapor)
- Vilken typ av strö använder ni? Fungerar det bra eller mindre bra?
- Har ni problem med kladdig ströbädd? Om ja, när på året? Är det hela ströbädden eller bara på vissa platser? Var i stallet i så fall?
- Finns det tillskottsvärme/ värmeväxlare i stallet eller finns det eller likande system i stallet idag? Om ja vilken typ av tillskottsvärme? Vilka rutiner för användning har ni?
- Finns det någon metod/strö etc som du hört talas om och som du skulle vilja se testat i projektet?