

# **Litteraturstudie och omvärldsbevakning**

## **Metoder för att minska ammoniaknivåer i fjäderfästallar**

En delstudie inom projektet:

”Förbättring av klimat i fjäderfästall – för bättre djurhälsa,  
produktion och mindre miljöpåverkan”

**Estelle Lohm och Oscar Bylund, Unitalent**

Projekttid: 2020–2023

Projektägare: Vreta Kluster AB

Finansierad av Stiftelsen Lantbruksforskning (R-20-62-326)

## **Om uppdraget**

Syftet med Unitalents uppdrag i projektet är att få fram mer kunskap kring olika sätt att hantera ammoniak och stallklimat i fjäderfästallar. Detta uppnås genom att göra en litteraturstudie, där man utgår från en tidigare genomförd sådan från 2018 som kompletteras och på vissa delar fördjupas. Genom en omvärldsanalys/omvärldsbevakning undersöks också vad som är det allra senaste på marknaden samt vad som är på gång ut till marknaden inom området stallklimat och ammoniak.

## **Om Unitalent**

Unitalent är en länk mellan studenter vid Linköpings universitet och näringslivet i Östergötland. Unitalent stärker företag, organisationer och offentlig sektor med talanger från universitetet genom tidsbestämda konsultuppdrag.

## Innehållsförteckning

Inledning .....	5
Fjäderfånläggningar .....	5
Styrmedel .....	6
Internationella regleringar .....	6
Trender .....	7
Fjäderfå .....	8
pH-värde .....	8
Träck och urinsyra .....	8
Ströbädd .....	9
<i>Skötselrutiner för ströbädd</i> .....	9
<i>Strömateriäl</i> .....	9
<i>Tillsatser i ströbädd</i> .....	10
Foder .....	15
<i>Foderanalys</i> .....	15
<i>Optimera aminosyrorna</i> .....	15
<i>Fasutfodring</i> .....	16
<i>Öka fiberhalten</i> .....	16
<i>Minska partikelstorleken</i> .....	16
<i>Tillsatser</i> .....	16
Övriga metoder för att minska ammoniakemissionerna i fjäderfästall .....	18
<i>UV-A ljusbehandling</i> .....	18
<i>Golvvärme</i> .....	18
<i>Filter</i> .....	18
<i>Luftrenare</i> .....	19
<i>Värmeväxlare</i> .....	19
Övriga djur .....	21
Gödsel .....	21
Flytgödselsystem .....	21
Surgörning av gödsel .....	21
Täckning av gödsellager .....	22
Spridning av gödsel .....	22
Betesgång .....	23
Minska proteinhalten i foder .....	23

Tillsatser .....	24
<i>Biokol</i> .....	24
<i>Svavelsyra</i> .....	24
<i>Zeolit</i> .....	24
<i>Nitrifikationshämmare</i> .....	24
Övrigt .....	25
Tillsatser .....	25
<i>Vermiculit</i> .....	25
<i>SOBAC:s produkter</i> .....	25
<i>Mikrobiella medel</i> .....	26
Ventilation .....	27
Material .....	27
Fukt .....	27
Konversation med Svenska Foder .....	28
Referenser .....	29

## Inledning

Ammoniakemissioner i stall är en utmaning som behöver hanteras av flertalet skäl. Ammoniak är en giftig gas och ammoniaknivåerna påverkar alltifrån djurhälsa, arbetsmiljö till företagsekonomi. Ammoniak-emissioner är även ett miljöhot då utsläppen leder till förlust av kväve från gårdens växtnäringsbalans och till skador på yttre miljön genom övergödning och försurning.

Det är av stor betydelse att jordbruket tar sig an utmaningen med att minska ammoniakutsläpp då jordbruket står för nio tiondelar av ammoniakemissionen till atmosfären, där djurhållningen är den största sektorn av ammoniakutsläpp (Sannö, Cederberg, Gustafsson, Hultgren, Jeppsson, Karlsson & Nadeau 2003). Framför allt frigörs ammoniak från produktionsdjurens gödsel (Jord- och skogsbruksministeriet 2020). Att kraftigt minska ammoniakemissionen på gårdar är möjligt men kräver ofta flera åtgärder. Ett projekt som genomfördes i Sverige 2000 visade på att en mjölkgård kan minska ammoniakutsläppen med 66 procent om flera åtgärder sätts in (Sannö, Cederberg, Gustafsson, Hultgren, Jeppsson, Karlsson & Nadeau 2003b). I detta projekt var minskningen av ammoniak från stallet till största del tack vare tekniska åtgärder. Minskningen inom jordbrukssektorn beror framför allt på att antalet nötkreatur och fjäderfån har minskat, omställning från hästgödsel- till flytgödselhantering samt lägre lagrings- och spridningsförluster (Jeppson & Gustafsson 2009). Men samhället ställer fortlöpande krav på jordbrukssektorn att ta fram åtgärder för lägre ammoniakemissioner. Kraven på att minska ammoniakutsläpp grundar sig på hälsomässiga, miljörelaterade och imagerelaterade faktorer (Jord- och skogsbruksministeriet 2020).

Åtgärderna för att minska utsläpp kan främjas antingen genom lagstadgade eller frivilliga metoder och åtgärders lämplighet beror bland annat på skede i produktionskedjan (Jord och skogsbruksministeriet 2020). Några sammanfattande råd för att minska ammoniakemission i stall är att gödsla ut regelbundet, se till att urin leds bort snabbt, minimera ytor med gödsel, minskat luftflöde, minskad temperatur och minskat pH-värde (Sandberg, Eriksson & Olsson-Hägg 2020).

För att effektivisera återvinningen av näringsämnen, öka resurseffektiviteten och minska de miljöproblem som beror på ammoniak, måste den mängd kväve som avdunstar i luften minskas (Jord- och skogsbruksministeriet 2020).

För att stimulera utveckling av ny teknik och pilotprojekt för ammoniakemissionsminskning krävs investeringsstöd. Stödet skiljer sig mellan länder. Exempelvis kan de svenska 18 miljoner kronor som avsatts för investeringsstöd mot ammoniakläckage jämföras med de siffror man finner i Danmark – 160 miljoner danska kronor att spendera under fyra år samt ett delvis EU-finansierat miljöinvesteringsstöd i slaktgrisproduktion för teknik som minskar ammoniakavgången. (Hoffman 2020).

## Fjäderfäanläggningar

Alla stora kyckling- och hönsgrårdar i EU har krav på hur mycket ammoniak som årligen får släppas ut per djurplats, vilket regleras i det så kallade Industri utsläppsdirektivet (IED) som berör alla stora fjäderfäanläggningar, det vill säga de med mer än 40 000 platser (Sandberg et.al 2020). Dessutom ska dessa verksamheter uppfylla BAT-slutsatserna (bästa tillgängliga teknik) senast den 21 februari 2021

(Jordbruksverket 2019). I takt med ökad ammoniakemission till följd av fler frigående höns höjs kraven på minskad ammoniakemission från lantbruket (Jeremiasson, Carlsson, Jamieson, Hagberg & Gotborn 2019). Det finns ingen enkel allenarådande metod för att komma till rätta med ammoniak i värphönsstallar med frigående höns (Lovén Persson & Carlsson 2019) men däremot finns ett flertal olika metoder som tillsammans kan bidra till minskad ammoniaknivå i fjäderfästallar. Besvärande halter av ammoniak kan uppträda i stallar för fjäderfä där högst koncentration av ammoniak är under vintertid och högst ammoniakemission (mängd) från stallarna uppträder sommartid (Jeppson & Gustafsson 2009). Orsaken är att vintertid är stallarnas ventilationsflöde lågt för att upprätthålla önskad temperaturnivå i stallarna och sommartid är det höga ventilationsflöden (större drivkraft för avgivningen) samt högre temperaturnivåer inuti stallarna.

## Styrmedel

Styrmedel riktade mot att minska ammoniakutsläppen från jordbruket domineras av administrativa styrmedel såsom miljöbalken, föreskrifter, och miljö kvalitetsnormer samt information riktade mot stallgödselhanteringen i form av bland annat allmänna råd samt rekommendationer. De lagstiftade kraven riktar främst in sig på de olika stegen i stallgödselhanteringen, men det förekommer även marknadsbaserade stöd i form av investeringsstöd för olika teknikinvesterande åtgärder kopplade till gödselspridning, gödselhantering samt luftrening av stallar.

## Internationella regleringar

Ammoniak regleras av FN:s Luftvårdskonvention (CLRTAP), samt av EU:s Utsläppstakdirektiv (2001/81/EG) och Industriutsläppsdirektiv (2010/75/EU) (Naturvårdsverket 2020a). Kärnan i industriutsläppsdirektivet (IED) är de så kallade BAT-slutsatserna (Best Available Technique). Enligt direktivet avser BAT-slutsatserna inte endast den teknik som används, utan även hur anläggningen utformas, uppförs, underhålls, drivs och avvecklas (Jordbruksverket 2019). Fjäderfäverksamheter med intensiv uppfödning av fjäderfä berörs, det vill säga verksamheter med mer än 40 000 platser. En berörd verksamhetsutövare måste följa BAT slutsatser med utsläppsvärden senast fyra år efter slutsatserna offentliggjorts i Europeiska unionens officiella tidning, Det innebär att alla stora fjäderfäanläggningar ska uppfylla BAT-slutsatserna senast den 21 februari 2021 (Jordbruksverket 2019). Slutsatser utan utsläppsvärden ska följas men kravnivån är angiven på ett mjukare sätt (Jordbruksverket 2019).

För fjäderfä finns cirka 30 (34st) sådana BAT-slutsatser som hanterar foder, lukt, buller, damm och gödselhantering med flera. Ammoniakutsläpp berörs genom att det finns utsläppsnivåer som ej får överskridas (under normala driftsförhållanden). Dock är BAT-slutsatserna för fjäderfäanläggningar ej tillämpliga om de kolliderar med annan lagstiftning (exempelvis djurskyddslagstiftning) (Europeiska unionens officiella tidning 2017). Så skulle någon BAT-slutsats inte vara möjlig på grund av att den krockar med exempelvis djurskyddslagstiftningen så går djurskyddslagstiftningen före (Jordbruksverket 2020a). Det finns inget krav att använda de tekniker som beskrivs i BAT-slutsatserna. Andra tekniker kan användas så länge de ger ett likvärdigt miljöskydd (Jordbruksverket 2020a).

Best Available Technique Associated Emission Levels (BAT-AEL) för ammoniakutsläpp inom fjäderfäverksamhet finns angivna i BAT 31, 32, 33 och 34. Jordbruksverkets två kommentarer på dessa är för

det första att det inte är relevant att kräva att ekologisk produktion når ned till BAT-AEL för respektive djurslag/djurhållning. Den andra kommentaren gäller beräkningsverktyget VERA. Vid beräkning av ammoniakavgång från värphönsstallar i VERA så rekommenderas att den som har regelbunden utgödsling från stallet minst en gång i veckan, väljer ”kletgödsel” som alternativ vid beräkningen oavsett om gödseln sedan lagras som fastgödsel då detta ger en mer realistisk bild av ammoniakutsläppen från stallet. I verkligheten varierar ammoniakavgången beroende på utgödslingsintervall, torrsubstanshalt och hur gödseln hanteras inne i stallet, men VERA ger i dagsläget inte möjligheter att räkna så detaljerat (Jordbruksverket 2020a).

## Trender

2018 var de totala utsläppen av ammoniak i Sverige 12 procent lägre än 1990 och uppgick till 53.2 kiloton. 2018 stod jordbruksjorden (agricultural soils) för 46 procent av NH<sub>3</sub>-utsläppsandelen, gödselhantering stod för 41 procent och övriga sektorer stod för 13 procent (Naturvårdsverket 2020b). Utsläppen från jordbruksjordar var 24 kt 2018. Huvuddelen av utsläppen var från djurgödsel och oorganiska gödningsmedel som appliceras på jorden. Utsläppen var 12 procent lägre under 2018 jämfört med 1990 men sedan 2010 är utsläppen nästan oförändrade. Utsläppen från gödselhanteringen var 17 procent lägre under 2018 jämfört med 1990. Orsakerna till minskningen av utsläppen är en minskning av antalet djur, en mindre användning av oorganiska gödselmedel och en mer effektiv produktion inom sektorn (Naturvårdsverket 2020b).

Att utsläpp av ammoniak minskat beror på att antalet lantbruk och djur blivit färre men även på att åtgärder för att minska utsläpp av ammoniak haft effekt (Jordbruksverket 2020b). För att den positiva trenden ska hålla i sig är det viktigt med fortsatta insatser.

Viktigt att nämna är att om en åtgärd vidtas för att minska ammoniakförlusterna i stall eller under lagring kommer mer ammoniumkväve att bevaras i gödseln som kan förloras som ammoniak i nästa led i hanteringskedjan (exempelvis vid spridning). Vidtas inte åtgärder i det ledet kan en stor del av effekten av åtgärder i tidigare led gå förlorad. Det är därför på sikt värdefullt att vidta åtgärder som minskar införseln av kväve till jordbruket. (Naturvårdsverket 2019a).

## Fjäderfä

### **- Metoder för att minska ammoniakemissionerna i fjäderfästall**

#### **pH-värde**

I hönsstall står nedbrytning av träck för en stor del av ammoniakavgången. Nedbrytningen bildar gaser där ammoniak är en av dem. Vad är det då som påverkar denna nedbrytning? Avgången beror bland annat på pH-värdet (Davidsson 2013).

Vid  $\text{pH} < 6$  befinner sig ammoniaken i jon-form och kan ej avges till luften. Det är därför centralt att hålla pH-värdet i ströbädden låg. Ett sätt att sänka pH-värdet är att tillsätta syror i ströbädden. Litteraturen nämner svavelsyra, saltsyra och fosforsyra, där tillsats av svavelsyra har lyckats sänka pH-värdet till 5.5 vilket är under gränsen. En studie genomförd på slaktkycklingstall visade att tillsats av 5 procent citronsyra sänkte ammoniakavgången och även förekomsten av bakterien *E. coli*. Vid användning av syror bör man dock vara väldigt försiktig eftersom många betraktas som hälsofarliga (Jeremiasson, Carlsson, Jamiesson, Hagberg & Gotborn 2019).

#### **Träck och urinsyra**

Fjäderfäns gödsel består av båda träck och urinsyra och kvävet utsöndras till största del när urinsyran bryts ned. Nedbrytningen av urinsyra avstannar om gödseln torkas (Malgeryd 2006). Det är alltså viktigt att hålla omgivningen torr, och framför allt ströbädden, för att minska denna typ av ammoniakavgång. Ammoniakavgången i denna process ökar även med ökande temperatur, varför det är viktigt med kyla. Ett alternativ är därmed att kyla gödseln (Davidsson 2013). Det finns dock ett flertal studier som pekar på att en uppvärmning av gödsel är ännu viktigare när det kommer till fjäderfän eftersom det minskar vätan och den torra gödseln kan då dra åt sig urinen, vilket minskar avgången. En studie visar att genom att värma gödseln med hjälp av golvvärme minskade emissionerna med 54 procent (Malgeryd 2006). En studie menar också att vid en torrsubstanshalt över 60 procent börjar mikroorganismernas aktivitet att hämmas och det försvårar reaktionen mellan urea och vatten, vilket stärker argumentet för att man ska hålla en torr gödsel (Malgeryd 2006).

För många andra djur utsöndras största delen av kvävet från urea i urin. Nedbrytningen av urinsyra sker inte direkt och tar till och med längre tid än nedbrytningen av urean (Malgeryd 2006). I och med att urinsyran inte bryts ned direkt, kommer inte heller ammoniak att bildas direkt. Det är därför av betydelse att föra bort gödseln innan reaktionen sker, och därmed ha en bra urindränering (Jepsson 2013). För fjäderfän finns det ett flertal metoder som man kan använda sig av för att undvika denna reaktion. En av metoderna är utgödning, som tas upp mer under avsnittet Gödsel. Ett annat sätt är att hålla gödseln torr, vilket har tagits upp ovan. En tredje metod är att tillsätta ämnen som torv och biokol i ströbädden som kan dra åt sig vätan och därmed hämma reaktionen. Dessa metoder tas upp under eget avsnitt.

Ammoniak bildas, som ovan nämnts, vid nedbrytning av gödsel eftersom då bildas gaser och ammoniak är en av dem (Davidsson 2013). För att undvika denna avgång är det viktigt att gödseln inte ligger i stallet och bryts ned och man vill därför byta ut gödseln ofta, vilket kallas utgödning och den utgödning som syftas på nedan är den automatiska med hjälp av gödselmattorna (Gäredal & Ciszuk 2004). Hur ofta utgödningen sker har



stor effekt på ammoniakavgången och studier visar att ammoniakemissionerna kan minska med 50 procent genom att gå från en utgödslingsfrekvens på en gång varannan vecka till en gång varje vecka. Emissionerna minskar ytterligare med 40 procent om utgödslingsfrekvensen går från två gånger i veckan till två gånger per dag (Jeppsson & Gustafsson 2009). Mätningar visar att omvandlingen till ammoniak i gödseln startar ordentligt efter fem dagar och detta får då anses vara längsta utgödslingsintervallet (Svenskaäg u.å.). En mer omfattande utgödsling där allt gödsel byts ut vill man undvika av kostnadsmässiga skäl. Här skall det även nämnas att om stallet använder ett inredda burar är det betydligt enklare att genomföra denna utgödsling och det leder till att dessa stall har en lägre avgång än exempelvis stall med frigående höns. Stall med inredda burar har även färre sjukdomar, men är av olika anledningar mycket ovanliga idag (Nimmermark, Eduard, Gustafsson & Lund 2007).

### **Ströbädd**

Att ha en torr, lagom tjock ströbädd är önskvärt då torr gödsel avger mindre ammoniak. För att reducera ammoniakemissionen är det viktigt att hålla ströbädden så torr som möjligt (Patterson & Adrizzal, 2005). Skötselrutiner där ströbädden hålls lagom tjock är av betydelse då detta minskar mängden gödsel som kan bilda ammoniak. En tunn ströbädd är ca 2 cm (Jeppson & Gustafsson 2009). Utöver skötselrutiner kan tillsatser adderas i ströbädden. Syftet med tillsatser i ströbädden är bland annat att sänka pH, torka upp ströbädden eller minska mikrobiella aktiviteten (Jeremiasson et al. 2019) för att på så vis minska ammoniakemissionerna i stallet. Syftet med att tillsätta tillsatser i ströbädden är att manipulera de mikrobiella populationerna och enzymaktiviteten. (Patterson & Adrizzal 2005).

### **Skötselrutiner för ströbädd**

Att kontinuerligt minska ströbäddstjockleken är en viktig åtgärd som går att implementeras både manuellt och med hjälp av tekniska lösningar. På ströytorna kan grovfoder, grus eller snäckskal placeras för att öka hönsens aktivitet, som i sin tur bidrar till att torka upp ströbäddarna (Jeremiasson et al. 2019).

### **Strömateriäl**

Det råder delade meningar om vilket strömateriäl som är bäst till fjäderfä. Ammoniakemission från ströbädd skiljer sig beroende på vilket strömedel som används. Låg avgivning har erhållits med finfördelat papper, torv och hackad halm. Hög avgivning har visats erhållas med LECA-kulor och grus som strömedel (Jeppson & Gustafsson 2009). Tillsats av grovfoder, grus eller Peckstones är positivt för hönsens tarmhälsa, för sysselsättning men även med avseende på ströbädden då hönsen jobbar aktivt med att hålla den lucker (Lovén Persson & Carlsson 2019). Strömedlens förmåga att påverka ammoniakavgivningen beror bland annat på deras förmåga att kemiskt binda ammoniak. Torv som strö minskar ammoniakavgången betydligt mer än halm och minskar ammoniakavgången från fastgödsel och djupströbäddar. Långhalm i en djupströbädd kan kombineras med upp till 50 procent torv (Sandberg et.al 2020).

### **Halm**

Easy-way är pressad och granulerad halm med en uppsugande funktion och som har en tyngd som gör att den ligger kvar på golvet trots välventilerat stall. Easy-strö, som är hackad halm, kan användas ovan på Easy-way för en luftig och porös bädd. Både Easy-way och Easy-strö är värmebehandlade (över 100 grader) och

dammseparerade. Tack vare framställningsprocessen ökar uppsugningsförmågan till ca 5 gånger sin egen vikt jämfört med obehandlad halm som enbart absorberar sin egen vikt. Båda produkterna binder effektivt ammoniak vilket ökar förutsättningarna för ett bra stallklimat (Svenska foder 2020). Raatec erbjuder värmebehandlad rapshalm som kan användas tillsammans med exempelvis spån, halm och torv. Rapshalmen är dammfri och är en ren naturprodukt som har extrem absorptionsförmåga vilket betyder att ytan blir torr och resulterar i en bättre stallmiljö. MCP Rapshalm binder 3–4 gånger sin egen vikt och volym. MCP Zeolit kan tillsättas för maximal ammoniak-och toxinbindning. (Raatec u.å.b).

#### *Torv*

Torvströ har ett lågt pH, är ammoniakbindande och har en bra uppsugningsförmåga (Svenska foder 2020). Den absorberande förmågan är god hos torv och dess ammoniakbindningsförmåga är ca 1,5 procent av torrsubstansinnehållet (Jordbruksverket 2020c). Till följd av innehållet av huminsyror har torv lågt pH och hög katjonbyteskapacitet och kan ta upp och reversibelt binda stora mängder ammoniakkväve från urin och luft. Torv i torkad form kan suga upp och hålla vätska upp till 12 gånger sin egen vikt (i.e. 3–4 gånger bättre än halm) och torvströ binder cirka 4 gånger mer ammoniak än vad halm gör, eller mellan 1,5 procent och 3,5 procent av torrsubstansvikten (Germundsson 2006). Mängden torv som tillsätts påverkar ammoniakemissionen. Blocktorv kan användas som strömedelsmaterial samt stimulera sysselsättningen, genom att blocktorven har utvald hårdhet för att få lång nyttjandetid. Blocktorv gör så fåglarna får vara ”ströproducent” och hacka sönder torven till ett strö. Blocktorven bidrar på så vis till en aktiv sysselsättning som underhåller djuren och ger en positiv restprodukt med ett strömedel som fysiskt torkar upp och binder ammonium (Raatec u.å.a).

Torvens nackdel att den är mörk i färgen och därmed ger ett mörkt intryck i hela stallet. En annan stor nackdel är att användning av torv som strömedel medför risk för problem med damm, och äggen får då ett brunt dammskikt (Jeppson & Gustafsson 2009). Torvdammet kan även bestå av mikroorganismer såsom svampar och bakterier (Airaksinen et. al 2005). Torvens tendens till kraftigt ökad damning vid en torrsubstanshalt över 60 procent medför att man rekommenderar torv med 50–60 procent torrsubstanshalt (Germundsson 2006).

För att minska torvens nackdelar men ändå ta del av dess fördelar erbjuder bland annat Svenska foder en torvmix, en blandning mellan torvströ och kutterspån. Mixblandningen kombinerar torvens fördelar som ammoniakbindande och god uppsugningsförmåga med spånets färg för en ljus och trevlig miljö.

#### *Hampaströ/lättströ*

Hampaströ är ett strö tillverkat av hampa, en återväxande naturfiber som odlas ekologiskt och kan komposteras. Den naturliga kapillärstrukturen upptar och binder vätska till en mycket hög grad. Strömaterialiet medför ingen egen doft och hjälper till att minimera oönskad lukt. Hampaströ är även dammfritt vilket är bra för tillvaron för djur med känsliga luftvägar.

#### **Tillsatser i ströbädd**

Tillsatsmedel kan reducera ammoniakavgivningen. Framför allt pH-sänkande medel och adsorberande medel som visat säker effekt (McCroory & Hobbs 2001). Medel som sänker pH delas upp i syror och salter. Syror är effektivare att sänka pH i gödsel än salter och pH-sänkningen blir mer varaktig (Husted, Jensen & Jorgensen.

1991). PH-nivån kan även sänkas genom att tillsätta lättillgängligt kol i flytgödsel som gör att organiska syror produceras (McCrory & Hobbs 2001). Dock är detta relativt dyrt och metoden måste utvecklas vidare innan den kan användas i praktiken (Jeppson & Gustafsson 2009).

#### *Superfosfat, Stalosan*

Stalosan är torrdesinfektion som kan användas för att hålla nere ammoniakhalten och bra alternativ om man vill sänka ammoniaknivån under pågående produktionsomgång. Genom att använda Stalosan F eller Stalosan Basic med ett lågt pH neutraliseras ammoniak och stallmiljön blir bättre med ett lägre pH (Svenska foder 2020). Det har visats att tillsats av ett superfosfat (exempelvis Stalosan) har en surgörande effekt och har i syfte att binda kväve. Efter 17 dagar hade det resulterat i att ammoniaknivåer och pH återgått till ordinarie nivåer (Blake & Hess 2001).

Stalosan Basic är en uttorkande produkt som bryter ned ammoniak och ger en bättre stallmiljö och kan användas när det finns djur i stallet. Används på eller under ströbädden en gång per vecka under produktionsperioden, med en mängd på 50 g/m<sup>2</sup>. (Svenska foder 2020).

Stalosan F kan användas i ströbädden för att absorbera fukt och avdöda mikroorganismer. Till skillnad från torrdesinfektionsmedel som innehåller kalk så har Stalosan F ett lågt pH. Stalosan F minskar andelen ammoniak och dess låga pH stöttar fågelns eget immunförsvar på både hud, slemhinnor/luftvägar och i magen och exempelvis så kan minska risken för luftvägsinfektioner och diarré. Det används på eller under ströbädden en gång per vecka under produktionsperioden, med en mängd på 50 g/m<sup>2</sup> (Svenska foder 2020). Stalosan F täcker ett bredare spektrum och används när djuren är utsatta för en högre risk.

#### *Biokol*

Biokol är en substans som kan tillverkas på flera sätt. Ofta blandas livsmedelsrester tillsammans med exempelvis gödsel och tång. Denna blandning genomgår flera processer där de först sammanpressas till en massa och därefter värms upp under låg syretillförsel och den fasta massa som blir slutprodukten efter dessa processer kallas biokol. Det finns därmed inget förspecifiserat innehåll i biokolet, varför dess egenskaper också varierar. Vårt att nämna är att för ekologiska odlingar finns det bestämmelser som reglerar innehållet (Jordbruksverket 2020d). Skånefrö är ett företag som tillverkar biokol och deras produkt använder andra typer av organiskt material som insatsvaror. De använder bland annat restprodukter från frö- och utsädesproduktion och har således sitt ursprung från växtodlingen (Elmia Garden, 2020). När det gäller kol pratar man ofta om "laddat" och "oladdat", vilket också gäller biokol. Detta syftar till hur mätt kolet är på näring, där laddat biokol är mätt på näring (Hjelm, 2016). Syftet med att tillsätta biokol i exempelvis ströbädden är dels att det ska dra åt sig vätska, dels binda ammoniak och därför är det inte meningsfullt att tillsätta laddat biokol, utan i denna applikation måste det vara oladdat. Två närliggande begrepp som är lätta att blanda ihop är träkol och biokol (charcoal och biochar på engelska). Träkol (Charcoal på Oxford Dictionarys hemsida) definieras enligt Oxford Dictionary som "...restprodukt av en process där ben, trä eller annat organiskt material upphettats". Biokol (Biochar på Oxford Dictionarys hemsida) definieras enligt Oxford Dictionary som "Träkol som tillverkats av växtbaserad biomassa...". Detta betyder att biokol är en typ av träkol och det är viktigt att läsa vilka bestämmelser som gäller för biokol respektive träkol innan dessa används i foder eller som strömaterial.

Då biokol används i värphönsstall kan det tillsättas både i ströbädden och i fodret, beroende på vilken effekt man vill ha då det ger olika effekter beroende på var det tillsätts. Tillsätter man biokol i fodret är syftet ofta att det är bra för hönsens hälsa, vilket indirekt minskar ammoniakemissionerna då hönsen blir mer aktiva i ströbädden, vilket minskar risken för genomfuktning, och håller sig friskare, vilket leder till fast träck (Gerlach & Schmidt 2014).

Tillsätter man däremot biokol i ströbädden direkt är den främsta anledningen för att minska fuktigheten. Biokol har nämligen den egenskapen att den kan binda vätska motsvarande fem gånger sin egen vikt. Detta gör att biokol kan absorbera vatten, ammoniak och urinsyra och därmed minska ammoniakemissionerna (Gerlach & Schmidt 2014). Om biokolen görs våt innan den används minskar risken för damm, men det får motsatt effekt på ammoniakemissionen att tillföra väta (Gerlach & Schmidt 2014). När biokol tillförts i fodret har även det haft en effekt på ammoniakavgången då den direkt kunnat binda ammoniak (Jeremiasson, Carlsson, Jamiesson, Hagberg & Gotborn 2019).

Biokol är mörkt och dammar och smutsar därför ned äggen vilket inte är önskvärt (Jeremiasson et al. 2019). Däremot kan biokol reducera ammoniakemissionerna i stallen. Om "halmpelletter" (straw pellets) används som ströbädd tillsätts biokol bäst under pelleteringsstadiet. Om ensilage (djurfoder som konserverats genom fermentering) används som ströbädd kan man tillsätta biokolen redan i ensileringssteget och därmed helt undvika damm. Denna metod är ganska ovanlig och därför svår att applicera (Gerlach & Schmidt 2014).

Idag blandas biokol i ströbädden manuellt vilket inte är ekonomiskt försvarbart. Biokol kostar enligt en studie 10-15kr/kg att köpa in, vilket är ca tre gånger så dyrt som torv är. Det betyder att idag är det ofta inte ett alternativ att tillsätta biokol utan det krävs förbättringar inom detta område (Jansson 2019). Enligt en representant från Skånefrö AB, som tillverkar och säljer biokol, varierar deras priser beroende på hur mycket biokol man väljer att beställa. Den största förpackningen kostar 11 815kr och innehåller 2400liter, men de erbjuder även mindre förpackningar än så.

En nackdel med biokol är att det innehåller väldigt mycket kol och är mörkt och risken är därmed stor att det bildas koldamm (Fransson, Gustafsson, Malmberg & Paulsson 2020). För att biokolen ska kunna dra åt sig vätska krävs det att den är torr, men torr biokol är det som dammar mest. Varför detta är negativt beskrivs i avsnittet om torv. Hur stor risken för damm är beror till stor del på vad biokolet innehåller och vad som använts vid tillverkningen. Därför genererar olika typer av biokol olika mycket damm. Enligt en representant från Skånefrö AB är det väldigt svårt att reducera dammet från biokol. Mycket beror på tillverkningsprocessen där man använder väldigt höga temperaturer, vilket i sig leder till att materialet finfördelas och därmed bildas damm. Som tidigare nämnts påverkar även insatsmaterialen och en teori är att om fleece används som insatsvara skulle det kunna minska risken för damm, men detta har inte undersökts ännu. Det finns inte särskilt många studier på olika typer av biokol och dess dammrisk, främst för att många inte är medvetna om vad för typ av biokol de använder. Det som har undersökts vid studier är att WS 900 (walnut shell) genererar mer damm än PW (pine wood) och GWCB (greenwaste biochar) verkar minska ammoniakemissionerna mer än PLBC (poultry litter biochar) kan (Agyarko-Mintah, Cowie, Van Zwieten, Singh, Smillie, Harden & Fornasier 2017). Studien med GWCB och PLBC visade att GWCB minskade ammoniakemissionerna med 60 procent och behöll därmed en större del av kvävet i ströbädden. PLBC gav inte riktigt lika bra resultat som GWCB, men presterade fortfarande bättre än kontrollgruppen avseende ammoniakemissioner. Problemet

med dessa studier är att det inte sätter dessa typer av biokol i relation till övriga typer av biokol och kan därför vara svårt att använda sig av.

#### *Kalk*

Genom att tillsätta kalk i ströbädden höjs pH-nivån och vid pH 10 inhiberas enzymet ureas.

#### *Poultry Litter Treatment (PLT)*

PLT uppges vara en blandning innehållande bland annat natriumdisulfat och har effekt att ströbädden surgörs (Blake & Hess 2001). När PLT appliceras bryts det ner i natrium (sodium), väte (hydrogen) och sulfat (sulfate) ( $\text{NaHSO}_4 > \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_4^-$ ). Vätet sänker pH och omvandlar ammoniak till ammonium. Detta ammonium binder sedan till sulfatdelen och håller ammoniak bundet i träcken. PLT eliminerar ammoniak genom att omvandla träckammonium till ammoniumsulfat och sänker träckens pH. Så ammoniak omvandlas till ammoniumsulfat.

#### *Aluminiumsulfat*

När aluminiumsulfat löses upp produceras vätejoner vilka i sin tur binder till ammoniak och bildar ammonium. Aluminiumsulfat (engelska alum) har visats minska ammoniakkoncentrationer i och från fjäderfästallar. Att tillsätta aluminiumsulfat minskar också fosforförlust (fosforavrinning). Det finns tre typer av alun som kan användas i fjäderfähus; torr, flytande och high acid flytande alun. Ammoniaktivåren i fjäderfähus som tar emot alun har visat sig minska med över 75 procent under de två första veckorna av flocken, 50 procent den tredje veckan och 20–30 procent därefter. Den exakta tiden som ammoniak kontrolleras beror emellertid på hastigheten för applicering av alun, med högre hastigheter som resulterar i bättre ammoniakkontroll. Högre andel resulterar i bättre ammoniakkontroll. Rekommenderade doser av alun varierar från 0,045 till 0,09 kg / fågel. 0,09 kg / fågel har visat sig kontrollera ammoniak i sex veckor, medan 0,045 kg / fågel endast kontrollerar ammoniak i tre veckor. Alun minskar ströbäddens pH och minskar därmed ammoniakemission. Materialet har lågt pH och kan vara frätande att hantera. Alum förlorar sin effektivitet med tiden. (Moore, Miles & Burns 2019).

#### *AMLA*

En studie publicerad 2020 genomförd i USA studerade effekt av ett nytt tillsatsämne, AMLA. Målet med studien var att utvärdera tillsatsämnets (som består av alunslam (alum mud), bauxit och svavelsyra) effekt på ströbädden och ammoniakutsläpp. Jämfört med obehandlat strö minskade AMLA de totala ammoniakutsläppen med 27 procent till 52 procent. Data från studien tyder på att AMLA, som kan tillverkas till lägre priser än alun, är ett effektivt strömaterielltillsatsalternativ för att minska ammoniakutsläpp från fjäderfäproduktion. (Anderson, Moore Jr, Martin, Ashworth 2020).

#### *Syror*

Tillsatser av syror (exempelvis svavelsyra, saltsyra och fosforsyra) sänker pH-nivån i ströbädden och på så vis minskas ammoniakemissionen. Däremot är syror korrosiva (och kommer därmed påverka inredningen), och betraktas som hälsovådliga (Blake & Hess 2001). Framför allt svavelsyra, saltsyra och salpetersyra är starkt frätande och det finns risk att syror främjar produktion av giftiga gaser, exempelvis svavelväte vid tillsats av svavelsyra (Jeppson & Gustafsson 2009).

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

En studie finansierad av National Key Research and Development Program of China som publicerades 2020 visade på att mjölksyra (lactic acid) kan användas för att kontrollera ammoniakemissioner. Resultat av studien visade på att kväveförlust i form av  $\text{NH}_3$ -utsläpp i behandlingarna där fjäderfäträck tillsattes med 0,4 procent, 0,7 procent och 1,0 procent mjölksyra minskade med 3,36 procent, 8,29 procent och 14,65 procent. Orsaken beskrivs vara att tillsats av mjölksyra sänkte pH-värdet. Slutsats av studien är att tillsatsen av 1,0 procent mjölksyra var den mest effektiva behandlingen för att minska ammoniakemission.

#### *Salter*

Att tillsätta ett salt (exempelvis kalciumklorid, magnesiumklorid, kalciumsulfat och kopparsulfat) ger en temporär sänkning av pH i gödseln så för att erhålla en varaktig reduktion av ammoniakemission måste salter tillsättas vid upprepade tillfällen (McCrorry & Hobbs, 2001).

#### *Järnsulfat*

Järnsulfat kan ha en initial effekt på ammoniaknivåer men saknar en långgående verkan (Jeremiasson et al. 2019).

#### *Paraformaldehydr*

Har minskat ammoniaknivåerna i gasform i laborationsmiljö men har ej haft effekt på ammoniakemission i ströbädden vid fälttester (Blake & Hess 2001).

#### *Zeolit*

Zeoliter är ett samlingsnamn på mineraler bestående av hydrerad aluminiumsilikat innehållande spårämnen så som järn, magnesium och mangan. Zeolit blandas idag in i bland annat blocktorv för att på så sätt uppnå en torrare ströbädd och lägre ammoniakhalt i luften genom att vätskor absorberas och pH-värdet sänks (Raatec u.å.a). I laboratorieförsök har en tillsats av 5 kg/m<sup>2</sup> zeolit till ströbädd för slaktkyckling reducerat ammoniakemissionen med 60 procent. Tillsats av större mängd zeolit, 10 kg/m<sup>2</sup> respektive 15 kg/m<sup>2</sup>, gav inte bättre effekt (Bajwa & Gadiraju 2007).

Klinoptiolit är en naturlig zeolit med lämplig struktur för att binda ammoniumkväve och kan användas i stallar och som inblandning i gödsel för att bidra till en bättre stallmiljö och för att höja näringsvärdet i gödseln (Jordbruksverket 2020c).

#### *Bentonit och biotit*

Bentonit och biotit är intressanta mineraler på grund av deras höga bindemedelsegenskaper. I ett försök där 2 procent bentonit och 1 procent zeolit blandades i den totala mängden av höns gödsel, minskade ammoniakmängden med cirka 30 procent. Detta innebär att det behövs cirka 3,6 kg bentonit och 1,8 kg zeolit till 180 kg höns gödsel för att få den förväntade effekten. (Jordbruksverket 2020c).

## Foder

I vilt tillstånd äter en höna bland annat frön, insekter, maskar och gräs, men de flesta av dagens äggproducenter köper färdigt pelleterat foder (helfoder) till sina värphöns. Koncentrat som kompletteras med spannmål (vete, rågvete eller annan spannmål) och kalk (snäckskal eller foderkalk) är också ett alternativ.

Redan när man utfodrar djuren kan man göra en hel del för att minimera ammoniakemissionerna (Sandberg et.al 2020) även om utfodringsåtgärder är svårare att hantera och utvärdera jämfört med exempelvis gödsellagring och gödselspridning (Jord och skogsbruksministeriet 2020). Tillsatser i foder behöver vara optimerat för att ge signifikant effekt på ammoniakemission samtidigt som hönan får den näring som behövs för god äggproduktion. Djurens näringsbehov förändras under produktionen. Yngre djur behöver mer protein av högre kvalitet än äldre djur. Genom att fasutfodra med olika foderblandningar under olika stadier i produktionscykeln kan man minska riskerna för överutfodring (Sandberg et.al 2020).

Kväve i fodret som återfinns i exempelvis ägg är ett mått på hur effektiv produktionen är. De stora förlusterna sker via träcken. Ungefär 30–35 procent av kvävet som värphönsen äter hamnar i äggen (Sandberg et.al 2020). För att höja kväveeffektiviteten bör producenter eftersträva en foderstat med låga proteingivor och tillräcklig mängd essentiella aminosyror, högt foderutbyte, bra näringskällor, rätt förmalningsgrad på spannmål, pelletering och väl fungerande foderautomater (Sandberg et.al 2020).

Självfallet är det viktigt att säkerställa fodret tillgodoser djurens behov. På fjäderfågårdar är utfodringen redan synnerligen optimerad och proteinhalten i fodret har kunnat minskas med hjälp av syntetiska aminosyror men fodrets verkningsgrad bör fortgående förbättras (Jord-och skogsbruksministeriet 2020).

### Foderanalys

För att kunna styra utfodringen krävs att man vet fodrets sammansättning (Nadeau & Gustafsson u.å.a). Genom att göra foderanalys fås analysvärden på fodrets näringsinnehåll (exempelvis råprotein, NDF, energi och stärkelse) och foderstatsberäkningarna blir mer precisa. Därefter är det enklare att styra utfodringen effektivare (kvävet utnyttjas bättre och mindre förlust av kväve i träck och urin) och därmed minimera förlusterna av exempelvis ammoniak (Sannö et. al 2003). Det är svårt att sätta en siffra på den minskning av ammoniakförlusterna som kan ske med hjälp av foderanalyser eftersom det är en rad andra faktorer, såsom foderstatens sammansättning, utfodringsrutiner och laktationsstadium som samtidigt påverkar förlusterna (Sannö et. al 2003). Det lönar sig att göra foderanalyser ofta så att man hela tiden har koll på fodrets sammansättning (Jord-och skogsbruksministeriet 2020).

### Optimera aminosyrorna

Målet är att finna en proteinnivå i foderstaten som förbättrar kväveutnyttjandet utan att minska äggproduktionen. Åtgärden har inga kostnader så länge som äggproduktionen bibehålls trots lägre råproteininnehåll i fodret. Foderkostnaderna kan komma att sänkas om andelen proteinkraftfoder minskas (Sannö et. al 2003).

Genom att tillsätta syntetiska aminosyror är det lättare att optimera sammansättningen och syntetiska aminosyror är ofta billigare än att tillsätta mer proteinfodermedel. Dock är syntetiska aminosyror inte tillåtna i ekologisk produktion (Sandberg et.al 2020). Balansen mellan aminosyror är också viktigt. Det optimala

förhållandet mellan Lysin/Metionin för värphöns är 1.75 och 2.0 för slaktkyckling (Sandberg et.al 2020). Effekten av att tillsätta syntetiska aminosyror kan leda till en skillnad i ammoniakutsläpp på 36 procent mellan foderstaterna (Sandberg et.al 2020), där en innehåller tillsatta aminosyror och en inte gör det.

### **Fasutfodring**

Anpassning av fodret efter hönans behov av näringsämnen i syfte att minska foderspill och utsöndring av näringsämnen i gödseln. Multifasutfodring har visats kunna minska ammoniakemissionen med 16 procent (Esmail 2016).

### **Öka fiberhalten**

Genom att öka fiberhalten kan ammoniakemissioner minska. En högre andel fibrer i fodret eller ett mer optimerat foder kan leda till att mängden kväve som utsöndras i träcken minskar (Jeremiasson et al. 2019). Fibrer består med energi till hönsens tarmbakterier som använder kväve för sin bakteriella proteinsyntes. Detta leder i sin tur till att mindre kväve utsöndras via träcken. Den bakteriella metabolismen medför även en sänkning av gödselns pH och därmed förskjuts produktionen av ammoniak mot produktion av ammonium (Jeremiasson et al. 2019).

### **Minska partikelstorleken**

Att minska foderpartikelstorleken från 1000 till 600 mikroner uppges minska mängden kväve i gödseln med 20–24 procent (Esmail 2016).

### **Tillsatser**

Det går att tillsätta tillsatsämnen såsom vissa syror, lermineraller eller torvprodukter direkt i fodret för att sänka pH i urinen och därigenom minska ammoniakförlusterna (Sandberg et.al 2020). Ett surare foder resulterar i surare träck vilket medför att ammoniak i högre grad konverteras till ammonium (Esmail 2016). Surgörning uppnås genom att exempelvis tillsätta CaSO<sub>4</sub>, kalciumbensoat eller minskning av fodrets elektrolytbalans. Försök har visat att bensoesyra kan reducera ammoniakutsläppen med upp till 7,5 procent (Sandberg et.al 2020).

### **Zeolit**

Olika fraktioner av zeolit används till olika ändamål, allt från ammoniumbindare i ströbäddar till tillskott i foder. Det naturligt förekommande zeolitmineralet clinoptilolit används även för att ta bort ammoniumjoner från avloppsvatten (Nationalencyklopedin u.å). Zeolit är ett mineral som uppges binda ammoniak i träcken och förhindra att det avges till luften (Esmail 2016). Genom sin katjonbyteskapacitet har zeoliter god förmåga att binda olika joner och toxiner till sig vilket har effekter på djurens tarmsystem. Företaget Raatec erbjuder MCP Zeolit som kan blandas direkt i foderblandning med den rekommenderade dosen för fjäderfä 7g per kg foder.

### **Biokol**

Biokol är organiskt material som hettats upp och uppges kunna deaktivera skadliga substanser i mag-tarmkanalen (Jeremiasson et al. 2019). Rekommenderad tillsats av biokol i foder för värphöns är ca 0,4–0,6



procent där man var 10–15 dag inte tillför biokol över huvud taget i 2–3 dagar för att sedan börja igen. Om biokol tillsätts i ströbädden kan man minska tillsatsen i fodret (Gerlach H., Schmidt H.P., 2014).

En studie som genomfördes på värphöns undersökte hur biokoltillsatser i kosten påverkade ammoniakemissionerna, VOC-emissionerna, äggproduktionen och äggkvaliteten. De olika typer av biokol som användes var BC (beechwood biochar), 1–2 procent och BCM (BCaluminosilicates-glycerine mixture), 1,5–3 procent. Resultatet blev att äggproduktionen och äggkvaliteten förbättrades, medan resultaten gällande ammoniakemissioner och VOC-emissioner inte var statistiskt signifikanta. Det som uppmättes var däremot klart lägre kvävehalter i avföringen hos de värphöns som fick foder med biokoltillsatser (Kalus, Konkol, Korczyński, Koziel & Opaliński 2020a). En nästintill identisk studie genomförd av samma författare, men på slaktkycklingar undersökte hur biokoltillsatser i kosten påverkar bland annat ammoniakemissionerna. De typer av biokol som användes i denna studie var BC (beechwood biochar), 2 och 4 procent samt BCM (BC-glycerin-aluminosilicates mix) 3 och 6 procent. I denna studie ledde biokoltillsatserna till en minskning av ammoniakemission och hade en negativ effekt på produktionsfaktorer hos kycklingarna. Anledningarna till att det blir motsatt effekt gentemot studien med värphöns kan vara flera och en teori är att det beror på andelen tillsatt biokol (Kalus, Konkol, Korczyński, Koziel & Opaliński 2020b).

Det bör dock poängteras att studier menar att det idag finns för få vetenskapliga studier på värphöns och biokoltillsatser i fodret för att kunna dra några generella slutsatser angående ammoniakemissioner, VOC-emissioner, äggkvalitet och miljöpåverkan. Även om studier ovan visar att ammoniakemissionerna minskar (eller att kvävehalter i exkretet minskar) bör de ses som en av effekterna biokol har och vad den samlade effekten är har ännu inte utretts tillräckligt för att kunna dra generella slutsatser (Kalus, Konkol, Korczyński, Koziel & Opaliński 2020).

### *Enzymer*

Enzymer kan tillsättas i fodret för att minska mängden ammoniak. Till exempel har *Yucca schidigera* extrakt (extrakt från Yuccapalm) påvisat en ammoniakreducerande effekt (Jeremiasson et al. 2019). Dock har resultatet varierat.

### *Peckstone*

Mineralstenen Peckstone stimulerar hönsen att sprätta mer i ströbädden och hålla den lucker.

### *Coarse corn*

En studie som publicerades 2020 som genomfördes av North Carolina State University undersökte effekterna av inkludering av dietisk grovmajs (coarse corn, CC) på kycklingars mående, träckkaraktär samt ammoniakemission. De nämner att minska NH<sub>3</sub>-utsläppen har blivit avgörande för att fjäderfäindustrin ska förbli hållbar (Wang-Li, Xu, Shivkumar, Williams & Brake 2020). De argumenterar för att större partiklar i fodret stimulerar kycklingars mag-tarmkanal vilket förbättrar matsmältningseffektiviteten. Så införandet av stora partiklar i foder kan därmed leda till mindre kväve (N) samt fuktinnehåll (moisture content, MC) i avföring så att lägre NH<sub>3</sub>-produktion skulle förväntas.

Studien genomfördes så att 180 slaktkycklingar valdes slumpmässigt ut varav ena gruppen fick 0 procent CC och andra gruppen 50 procent CC i sitt foder. Resultaten av studien visade att 50 procent CC-inkludering

resulterade i bland annat minskad andel kväve och MC i träcken samt minskad koncentration av ammoniak i stallen samt minskad ammoniakemission från stallen. Gruppen med 0 procent CC-diet hade högre NH<sub>3</sub>-koncentration än gruppen med 50 procent CC-dieten. Jämförelse av de totala genomsnittliga utsläppsnivåerna antydde att 50 procent CC-dietbehandling gav betydligt mindre utsläpp än 0 procent CC-behandlingen. Detta var troligen relaterat till minskad andel kväve i träck samt minskad MC. Däremot påverkade CC ej pH-värdet.

Slutsatserna de drar är att kosttillskott med CC kan vara ett effektivt sätt att mildra slaktkycklingens N-innehåll och MC-koncentration i träck samt minska NH<sub>3</sub>-utsläpp. CC-inkluderingen kan vara en användbar och praktisk metod för att minska förekomsten av blöt träck.

#### *Probiotika*

En amerikansk studie publicerad 2020 hade i syfte att genom en systematisk granskning presentera och utvärdera effekterna av probiotika på bland annat näringsutnyttjandet och tillväxt hos fjäderfå. Sjutton vanliga probiotiska arter bedömdes kritiskt för deras roller i fjäderfås prestanda och tarmhälsa. Resultaten visade att probiotiskt tillskott kunde ha bland annat följande effekter: stimulering av immunsystemet, förbättring av tillväxtprestanda samt minskad utsöndring av ammoniak och urea (Jha, Das, Oak, & Mishra 2020).

## **Övriga metoder för att minska ammoniakemissionerna i fjäderfästall**

#### **UV-A ljusbehandling**

En studie undersökte huruvida UV-A kan mildra utsläpp av olika gaser, bland annat ammoniak, i fjäderfäproduktion. Resultaten ger bevis för att fotokatalys med TiO<sub>2</sub>-beläggning och UV-A-ljus kan minska gaskoncentrationerna av ammoniak. Den specifika procentuella minskningen beror på närvaron av fotokatalysatorer, relativ fuktighet, ljusstyp (intensitet), behandlingstid och dammackumulering på fotokatalysatorytan. När det gäller ammoniak varierade minskningen från 2,6–18,7 procent och påverkades av relativ fuktighet och ljusintensitet. Den procentuella minskningen av ammoniak var den högsta vid 12 procent relativ fuktighet och ökade med behandlingstid och ljusintensitet. Den procentuella minskningen av ammoniak minskade med ansamlingen av fjäderfädamm. (Lee, Wi, Koziel, Ahn, Li, Chen, Meir Khanuly, Banik & Jenks 2020).

#### **Golvvärme**

Golvvärme i kycklingsstallar har i studier minskat ammoniakavgången med 50 procent (Sandberg et.al 2020).

#### **Filter**

Ammoniak som finns i frånluften kan samlas upp i olika filter i mekaniskt ventilerade djurstallar. Genom att den del av frånluften som motsvarar minimiventilationen leds genom ett biofilter renas luften. De kan minska ammoniakutsläppet med 40–70 procent beroende på filter och hur stor del av frånluften som renas. Samtidigt finns det en risk för ökad lustgasavgång vid användning av filter. (Sandberg et.al 2020).

### **Luftrenare**

Det har utvecklats luftrenare som har i avsikt att rena frånluften från stall. Exempelvis har företaget Munters utvecklat en luftrenare, Munters Air Cleaner (MAC) som utformades för att komma till rätta med utmaningar som uppstår vid rening frånluften från ett kycklingstall. Produkten påstås reducera ammoniakutsläpp med mer än 80 procent, och har belönats med Agromek-priset 2012 för sitt användarvänliga rengöringssystem. (Munters u.å).

### **Värmeväxlare**

Att använda sig av värmeväxlare i stallmiljöer för värphöns är ett relativt nytt fenomen, men däremot har man under en tid använt värmeväxlare i stallmiljöer för slaktkycklingar. En värmeväxlare kan bidra med flera saker som är viktigt för stallmiljön, och framför allt ammoniakemissionerna: bättre luftcirkulation, jämnare temperatur, bättre nivå på temperaturen och torrare ströbädd (Goselink & Ramirez 2019). Att ha en god luftcirkulation är viktigt eftersom annars stiger den varma luften upp till taket i stallet och den varma luften ger en torrare ströbädd, varför man vill ha god luftcirkulation. Att ha en jämn och korrekt temperatur är viktigt av samma anledning (Bokkers, van Zanten & van den Brand 2010). Det finns även indirekta fördelar med att ha god luftcirkulation och bra temperatur, det leder exempelvis till god höns hälsa. Det som är viktigt att ha i åtanke är att det inte räcker med att ha god luftcirkulation, utan det krävs något mer också, som att ha en bra temperatur eller minska luftfuktigheten (Erlemark 2013). Det finns ett flertal studier som visar att införandet av värmeväxlare har en reducerande effekt på ammoniakemissionerna, bland annat på grund av att klimatet i stallet blir bättre. Rokkedahl som är en försäljare av värmeväxlare påstår att en av deras produkter, Agro Clima Unit, som är anpassad för fjäderfäns stallmiljö kan reducera ammoniakemissionerna med 40 procent (Rokkedahl Energi 2018) och (Celli 2018). Värmeväxlaren Earny från Big Dutchman visade sig reducera ammoniakemissionerna med 29 procent i höns husen som den testades i. Detta tack vare att inneklimatet förbättrades samt att ströbädden blev torrare (Swedfarm 2020).

Det finns som sagt få studier på detta, vilket gör att det är svårt att veta exempelvis vilka värmeväxlare som ger bäst resultat och hur de ska användas. Det finns dock en studie som jämförde en regenerativ (roterande) värmeväxlare mot en rekuperativ värmeväxlare (plattvärmeväxlare) för att undersöka eventuella skillnader. Resultatet blev att plattvärmeväxlaren reducerade den relativa fuktigheten samt att den absoluta fuktigheten var konstant, medan den roterande värmeväxlaren minskade relativa fuktigheten men den ökade den absoluta fuktigheten (Anaje & Alegrim 2019). Detta har en stor påverkan på ammoniakemissionerna eftersom fukt gynnar ammoniakavgången och därför något man bör undersöka vidare.

### **Val av värmeväxlare**

Det finns ett flertal företag som erbjuder värmeväxlare till olika typer av djurstallar, där värphöns är en av dem. Det är dock ett relativt nytt fenomen, som tidigare nämnts, att använda sig av värmeväxlare i hönsstallar och det finns därför få studier gjorda på detta. Företaget Rokkedahl har en värmeväxlare, Agro Clima Unit, som har visat sig reducera ammoniakemissionerna med mellan 28–41 procent enligt studier gjorda. Dessa studier är genomföra av organisationerna VERA, DANETV och AgroTech som även har verifierat dessa siffror. De har utfärdat varsitt certifikat som visar att dessa siffror går att nå med hjälp av Agro Clima Unit (Bruun 2019) och (Mikkelsen & Cortina 2012). Producenter har tidigare haft problem med rengöringen, men 2018 meddelade en representant från Rokkedahl att deras nya modell (osagt vilken) skulle komma med att

automatiskt rengöringssystem (Secher 2018). Ett annat företag är The Big Dutchman med deras värmeväxlare Earny. Det finns en studie som visar på en minskning av ammoniakemissionerna med 29 procent. Värmeväxlaren finns också i olika storlekar som lämpar sig för olika storlekar på hönsstallen. Earny har inbyggt rengöringssystem, men går även att ta isär manuellt om man så vill (Swedfarm 2020). Ett annat företag som inriktar sig på värmeväxlare är Multiheat som har ett flertal olika modeller. Det finns fler företaget som erbjuder värmeväxlare (exempelvis Munters), men det finns begränsad information om dessa.

#### *Lämplighet*

Både Agro Clima Unit och Earny är relativt stora där Earny erbjuds i storlekar från 5,2x1,45x2,3 meter och uppåt (Swedfarm 2020). Agro Clima Unit är ännu större och erbjuds i storlekar från 9,0x1,0x2,3 meter (AgroSupply 2009). Deras storlekar och kapaciteter gör att de är dyra att köpa in och detta ställer höga krav på verksamheten både storleksmässigt och finansiellt för att dessa ska vara ett alternativ. Att installera en värmeväxlare anses vara en kraftfull åtgärd och för att man ska överväga en sådan installation bör även höns husen vara stora. The Big Dutchman menar själva att Earny passar bäst för höns hus med 20 000–46 000 höns (Swedfarm 2020). Multiheat däremot erbjuder en mindre variant (multiheat hot water unit), från 0,8x0,5x0,9 meter upp till 1,1x1,1x1,0 meter, som placeras hängandes inuti stallet och kräver inte alls lika mycket utrymme och som enligt dem reducerar ammoniakemissionerna (Multiheat International u.å.). Multiheat hot water unit har installerats och testats i ett slaktkycklingsstall i England där den haft positiva effekter (Multiheat International 2018).

Koncentrationen av ammoniak är som högst under vintern eftersom stallarnas ventilationsflöden är låga och stallets temperatur är även den låg. Däremot är emissionerna som högst under sommaren som en följd av högre ventilationsflöden och temperaturer i stallen. Det finns därmed argument för att installera värmeväxlare som kan vara till hjälp under alla årets årstider. Under vintern kan man vilja öka temperaturen i stallet och under sommaren vill man ventilera bort ammoniakgaserna samt upprätthålla en hälsosam temperatur (Jeppsson & Gustafsson 2009).

#### *Pris*

Priset skiljer sig väldigt mycket åt mellan de olika värmeväxlarna och är man intresserad av en särskild värmeväxlare får man reda på priset genom att kontakta företaget. Många produktfaktablad menar dock att trots värmeväxlarnas höga inköpspris har de en återbetalningstid på bara några år. Det finns även ekonomiska fördelar med värmeväxlare eftersom de kan reducera uppvärmningskostnaderna för stallet. Studier med bönder som investerat i värmeväxlarna menar dock att påståendena gällande återbetalningstid generellt sett inte stämmer och att det tar längre tid än planerat för värmeväxlaren återbetala sig. (Bokkers, van Zanten & van den Brand 2010).

Det bör även poängteras, som tidigare nämnts, att det i dagsläget finns få studier gjorda på värmeväxlare och framför allt i värphönsstall. De studier som gjorts har generellt visat positiva resultat, men även dessa varierar och vissa användare är nöjda med sina värmeväxlare medan andra är missnöjda. Vid tanke på att investera i en värmeväxlare bör ett noggrant val göras som passar din verksamhet och budget.

## Övriga djur

### **- Metoder som studerats hos övriga djur för att minska ammoniakemissionerna**

I djurstall kan man för att minska ammoniakemissionerna använda bland annat nedkylning av flytgödsel, gastvättare och mer frekvent borttagning av gödsel än normalt. Kunskap har visat att antalet kvadratmeter i stallet är viktigare än antalet djur eftersom ammoniakavgången hör ihop med hur stor den gödselbemängda ytan är (Hoffman 2020).

### **Gödsel**

Även ammoniakavgången från gödseln är starkt temperaturberoende och i en studie genomförd på nötkreatur kunde emissionerna minska vid en temperatursänkning från 15 till 10 grader Celsius (Sveriges lantbruksuniversitet 2003). Temperaturen går att reglera med hjälp av exempelvis värmepumpar, men det finns även andra alternativ. Som ovan nämnts är det vid fjäderfå ofta mer fördelaktigt att i stället värma gödseln.

Då ammoniakavgången sker vid nedbrytning av gödseln är det viktigt att tänka på var och hur gödseln lagras. Vid lagring utomhus av gödseln ska gödseln helst inte utsättas för väta eller starka luftströmmar eftersom det gynnar avgången och luften från gödseln ska inte heller blåsa in i stallet. Ett sätt att undvika detta på är att använda sig av takkonstruktion. Ett tak som ligger emot gödseln blir problematiskt vid användning av gödseln och ett solitt tak är dyrt att investera i. Det bästa alternativet visade sig vara, enligt en kanadensisk studie, ett gummitäcke som spändes över gödsellagret. Studien som genomfördes i Kanada kom fram till att emissionerna minskade med 28 procent genom detta (Rogstrand, Tersmeden, Bergström & Rodhe 2005). Övriga åtgärder för att minska emissionerna är att när ströbädden fylls på måste underlaget vara torrt, strömedlet skall vara torrt och det ska sedan försöka hållas torrt.

### **Flytgödselsystem**

Övergång från fastgödsel och djupströ till flytgödsel minskar utsläppen av främst lustgas och ammoniak (Naturvårdsverket & Jordbruksverket 2019). Flytgödselhantering ger förutsättningar för förbättrat kväveutnyttjande jämfört med fastgödsel och djupströgödsel, och jämnare spridning kan åstadkommas.

### **Surgörning av gödsel**

Att surgöra gödseln är ett sätt att minska ammoniakavgången, något som blir allt vanligare i Danmark. Det finns olika lösningar för att surgöra; redan i stallet, i gödselbehållaren eller vid spridning (Hoffman 2020). Genom att tillföra syra (såsom svavelsyra) i flytgödsel (flytande stallgödsel med en torrsubstanshalt på upp till cirka 10 procent) kan man sänka gödselns pH-värde och minska avdunstningen av ammoniak. Flytgödsel som surgjorts med tillsats av syra har visats släppa ut mindre ammoniak under lagring (Kupper et.al 2020). Tillförelse av syra kan minska ammoniakutsläppen med 20–80 procent, där variationen beror på bland annat i vilket skede syran tillförs (Jord- och skogsbruksministeriet 2020). Under 2019 genomfördes en studie på örötad och rötad nötflytgödsel, med och utan surgörning, en studie inom projektet Baltic Slurry Acidification. Under studien uppnåddes ett pH-värde som var lägre än 5,5 genom att använda 1,1 liter syra per kubikmeter för den örötade nötflytgödseln och 6,2 liter per kubikmeter för den rötade flytgödseln. Studien visade på att

ammoniakavgången från surgjord gödsel blir mycket liten och är i stort sett negligerbar och tillsatsen av syra minskade ammoniakavgången effektivt oavsett om nötflytgödseln var rötad eller orötad. (Rodhe, Ascue, Tersmeden & Pizzul 2019). Metoden att tillföra syra är dock kostsam och nyttan för skörden har enligt undersökningar varit varierande så därför behövs mer forskning om metodens lämplighet (Jord-och skogsbruksministeriet 2020).

I Danmark syrabehandlas över 20 procent av gödselvolymen (pH-nivån man strävar efter är ca 5–5,5) och effekterna har visat på en minskning av ammoniakavgång vid spridning på 40–70 procent men kommer med en risk då stark svavelsyra används (Hoffman 2020).

### **Täckning av gödsellager**

Täckning av gödsellager har visat sig vara en effektiv åtgärd för minskning av ammoniak från gödsellagren. Däremot ökade utsläppen av lustgas i många fall av täckningen. Forskning visar alltså på slutsatsen att gödseltäckning är en effektiv åtgärd för att hindra utsläpp av ammoniak, men medför en liten risk för ökning av andra gasutsläpp. (Kupper, Häni, Neftel, Kincaid, Bühler, Amon & VanderZaag 2020). Den största minskningen av utsläpp uppnås endast om täcket är tätt (Jord-och skogsbruksministeriet 2020). Täckning av flytgödselbrunnar i kombination med möjlighet att bränna eller fackla gasen vid överproduktion eller driftsstopp i nöt-, lamm-, och grisproduktion leder till att ammoniakavgången minskar och därmed även till att den indirekta lustgasavgången minskar (Naturvårdsverket & Jordbruksverket 2019).

Rötning av stallgödsel i kombination med täckning av rötrestlager leder till minskade utsläpp från både lagring och spridning av gödseln samtidigt som kväveutnyttjandegraden ökar, vilket leder till ett minskat behov av mineralgödsel och därmed även minskade utsläpp av lustgas. (Naturvårdsverket & Jordbruksverket 2019). Tak för urinbehållare beskrivs kunna bidra med en utsläppsreduktion på 0,6kt/år (Naturvårdsverket 2019b). Genom att täcka lagringsbehållare för flytgödsel och urin minskar man luftväxlingen ovanför gödselytan och därmed NH<sub>3</sub>-avgången. Från en urinbehållare utan täckning kan 40–50 procent av totalkvävet gå förlorat som NH<sub>3</sub>. Förlusterna vid lagring av flytgödsel är betydligt mindre, vanligen 5–10 procent. (Naturvårdsverket 2019b).

### **Spridning av gödsel**

Att byta ut bredspridning mot bandspridning, bruka ned gödsel inom 4 timmar alternativt samma dag beskrivs som åtgärder för NH<sub>3</sub> inom jordbrukssektorn (Naturvårdsverket 2019b). Utbyte från bredspridning till bandspridning reducerar utsläpp med 0,7 kton/år, bruka ned gödsel inom 4 timmar reducerar utsläpp med 0,2 kton/år och bruka ned gödsel inom samma dag reducerar utsläppen med 0,5 kton/år (Naturvårdsverket 2019b). Fördelar med bredspridning är att tekniken är billig och okomplicerad men dess nackdel är att ammoniak och lukt kan bli stor.

Vid spridning av gödsel är den effektivaste åtgärden för att minska ammoniakutsläpp vid nedmyllning av flytgödsel i åkern att gödseln myllas ner i jorden omedelbart (Jord-och skogsbruksministeriet 2020). Spridning genom nedmyllning och snabb bearbetning in i jorden minskar förutom ammoniakutsläppen även luktolägenheterna. Myllning eller injektion vid spridning av flytgödsel minskar ammoniakutsläppen vid

spridningen, och de totala kväveförlusterna från stallgödselhanteringen. Detta minskar i sin tur behovet av mineralgödsel och biologisk kvävefixering i växtodlingen (Naturvårdsverket & Jordbruksverket 2019).

## Betesgång

Avdunstningen av kväve från gödsel från djur på bete är cirka 85 procent mindre än från den gödsel som utsöndras i djurstall och löper genom hela gödselhanteringskedjan. Det urin som utsöndras på betet absorberas relativt snabbt i marken på grund av den låga torrsubstansen. Med tanke på att minska utsläpp vore det därför bra att öka betesgången och därigenom även den andel gödsel som hamnar på betet. Enligt experter uppmuntras betesgång men det är viktigt att beakta bland annat lämplig djurtäthet, betets skick och väderförhållanden. Betesgång gäller framför allt nötkreatur, får och getter. (Jord- och skogsbruksministeriet 2020).

## Minska proteinhalten i foder

Naturvårdsverket klassar optimering av råproteinhalten i foder som en åtgärd för NH<sub>3</sub> inom jordbrukssektorn, men dess utsläppsreduktion i tkon/år nämns inte (Naturvårdsverket 2019b). Däremot har sambandet mellan råproteinhalten i foderstaten och kvävemängden i gödseln påvisats i flera studier och åtgärdens största fördel är att den minskar mängden kväve i kedjan (Naturvårdsverket 2019b). Det finns ett tydligt samband mellan råproteinhalten i foderstaten och mängden kväve i träck och urin (Sannö et. al 2003) och därmed är minskning av råproteinhalten ett effektivt sätt att minska ammoniakförlusterna. Det går att sänka råproteinhalten och ändå öka produktionen genom att undvika brist på olika aminosyror (Sandberg et.al 2020). En optimal aminosyrasammansättning i fodret bidrar till sänkt kväveinnehåll i gödseln (Sandberg et.al 2020).

Reducering av proteininnehåll med 2 procent har visat sig kunna reducera ammoniakavgången från gödseln med upp till 24 procent (Esmail 2016). Dock får inte de essentiella aminosyror tas bort vid proteinminskning i fodret. Idag är mängden protein i fodret hög, exempelvis har mängden kväve i fodret för mjölkkor blivit hög till följd av överutfodring av protein på många mjölkgårdar för att bland annat ha en bred säkerhetsmarginal (Sannö et. al 2003). Att minska proteinhalten lämpar sig när proteinhalten är hög. För mjölkbesättningar är en hög proteinnivå över 18 procent råprotein av fodrets torrsubstanshalt i tidig laktation, men också på gårdar med 17–18 procent råprotein i tidig laktation (Sannö et. al 2003). Vid mjölkproduktion är det beskrivet att det är fördelaktigt att utfodra en blandning av två olika grovfoder-typer för att öka eller bibehålla grovfoderkonsumtionen när råproteinhalten i foderstaten sänks (Nadeau & Gustafsson u.å.b). Inom mjölkproduktion finns det beskrivet att om foderstatens råproteinhalt sänks med en procentenhet så ökar kväveeffektiviteten med ungefär 1,5 procent-enheter och bedömningen är att ammoniakförluster kan sänkas med några procentenheter (Nadeau & Gustafsson u.å.b).

Forskning visar att en sänkning av proteinhalten i ett torrt slaktgrisfoder från 15,5 procent till 14 procent minskar mängden kväve i gödsel och urin med nästan 20 procent helt utan att tillväxten försämras, samt att ammoniakavgången kan minskas med 11 procent för varje procentenhet mindre råprotein som ges till grisar (Sandberg et.al 2020). Genom att förbättra energiutbytet kan kvävemängden från grisen minska med ca 10

procent (Sandberg et.al 2020). Däremot måste en analys göras på gårdsnivå för att få en adekvat optimering, så ingen generell minskning av proteinfoderanvändning är att rekommendera (Naturvårdsverket 2019b).

Gällande kostnader kan inga kostnader som följer en minskning av proteinhalten påvisas. Kostnader kan uppstå vid uträkning och optimering av protein-/fodergivan. Denna kostnad måste i alla enskilda fall jämföras med inbesparingar som görs vid minskat inköp av proteinfoder (Naturvårdsverket 2019b).

Som tidigare nämnt är det viktigt att optimera aminosyrorna i fodret. Om en slaktgris som behöver 2434 MJ nettoenergi äter 253 kg foder varav 6,1 kg är kväve i foderstaten med tillsatta aminosyror, skulle en foderstat utan tillsatta aminosyror innebära att slaktgrisen behöver äta 256 kg foder och har då konsumerat 7,2 kg kväve eller 18 procent mer än föregående exempel.

## Tillsatser

### **Biokol**

Det finns en studie genomförd på nötkreatur som visar att tillsättning av biokol i gödseln ledde till att ammoniakemissionerna minskade, men samtidigt ökade ammoniakkoncentrationen i gödseln. En anledning till detta är att biokol har just den egenskapen att den drar åt sig väta, ammoniak i detta fall, vilket gör att ammoniakavgången minskar (Jansson 2019).

Samma studie visade att tillsats av biokol inte smutsade ned omgivningen via damm, men återigen saknas information om vilken typ av biokol som använts. Studien genomfördes vid tillsatser om 0 procent, 2,5 procent och 5 procent biokol i gödseln. Resultatet blev att ammoniakemissionerna minskade kraftigt samtidigt som djuren inte blev smutsigare om biokol tillfördes (Jansson 2019).

### **Svavelsyra**

I Danmark har ett system utvecklats där flytgödselstallars pH sänks till 5.5 med tillsats av svavelsyra (4–6 kg koncentrerad svavelsyra per ton gödsel). Genom att lufta gödseln förhindras att farliga svavelväten bildas i gödseln. Detta resulterade i minskning av ammoniakemission med 70 procent (Dansk landbruksrådgivning 2004).

### **Zeolit**

Att ge zeoliter i fodret till djur har dokumenterad effekt hos både grisar och kor (Laxmar 2018). Olika forskningsrapporter sammanfattar att utfodring med tillskott av zeoliter resulterar i bättre foderutnyttjande och förbättrad våmflora hos kor eftersom ammoniumhalten reduceras när ammoniumjoner binds till zeolitens yta, vilket i sin tur förbättrar både stallmiljö och minskar utsläppet av kväve i naturen.

### **Nitrifikationshämmare**

Spridning av *nitrifikationshämmare* minskar utsläppen av lustgas från jordbruksmark. Genom att sprida ett kemiskt medel som hindrar mikroorganismernas omvandling av ammonium till nitrat minskar bildningen av lustgas. Hittills har man i Sverige testat några olika varianter med positivt resultat och i Nya Zeeland har man utvecklat ett preparat som minskat lustgasemissionerna med ungefär 70 procent. Studier behövs för att



uppskatta effekterna på längre sikt. Spridningen antas i åtgärdsscenarioet göras på all åkermark, inklusive den ekologiska arealen, men inte på permanenta betesmarker. (Naturvårdsverket & Jordbruksverket 2019).

## Övrigt

### Tillsatser

#### **Vermiculit**

I Finland har man testat att använda vermiculit (i.e. värmebehandlat silikat) som en kvävefälla för att minimera utlakning av växtnäringsämnen. Försöket genomfördes i krukor i växthus. När jordblandningen innehöll stora mängder, uppemot 30 procent vermiculit, minskade kväveläckaget med nära 90 procent. Nästa steg är att se om detta fungerar även under fältmässiga förhållanden. Försök pågår även i djurstallar. Olika tester vittnar om förbättrad djurmiljö tack vare bindning av ammoniak. (Jordbruksverket 2020c).

#### **SOBAC's produkter**

SOBAC är ett franskt företag som använder Marcel Mezy Technologies och säljer bland annat varumärkena Bactériol, Bactériolit, Bactériométha och Quaterna. Produktlösningarna är odlingsmetoder som är mer naturliga och SOBAC-produkter sägs vara ett effektivt alternativ jämfört med kemikalier. Marcel Mezy Technologies syftar på ett koncept för hur näring naturligt ska bevaras i jorden, som baseras på mikroorganismernas verkan.

Huvudsyftet när man sprutar SOBAC i åkrarna är att producera humus i jorden. Över 400 familjer av mikroorganismer återfinns i SOBAC's produkter, som deltar i alla de processer som pågår i jorden. Det finns mikroorganismer som fixerar N och C från luften och omvandlar den i organiskt material (sparar 5t C och 250 kg N/ha/år) och mikroorganismer som gör mineralämnena tillgängliga i jorden så att växten kan mata på dem under hela odlingsperioden. Huvudmålet är att omvandla det råa organiska materialet till humussyror. Den positiva effekten av humusutvecklingen är att öka jordens porositet, få mer syre i jorden så att svamparna kan fungera bättre och omvandla det organiska materialet. Efter kraftiga regn infiltreras vattnet bättre i jord och också tvärtom - om den är för torr kan jorden hålla vattnet bättre så att växterna får färre problem med torka. Grödorna har en djupare utveckling av rötterna och de är också mer intensiva för att få ett bättre upptag av vatten och element. Med en bättre upptagning av element för växterna kan producenten stabilisera samt ibland även öka avkastningen.

Effekt av produkterna har redovisats i studier genomförda med vetenskapliga och institutionella partners. Lara Europé Analyses har visat på minskning med 1/3 av läckage av mineralkväve och vattenföroreningar. East Belgium Agronomic Experimentation and research centre har visat på att kväveeffektiviteten hos jordbruksgödsel fördubblades. Technical Institute of Aviculture visade på en 82 procent minskning av kväveförlust genom gasutsläpp samt 39 procent ökning av organiskt kväve i gödsel. Paris-Grignon genomförde en jämförelsestudie av gödsel som redovisade en 50 procent mindre förlust av torrt material och två gånger mindre kvävelakning. (SOBAC u.å).

### *Bactériosol*

Bactériosol är gödslingsmedel som är tillåten vid ekologisk produktion och gör jorden mindre kompakt, ökar dess porositet och reglerar dess pH. Bactériosol sprids ut över jorden (applikation är rekommenderad vid slutet av sommaren, höst eller vår) och består av växtmaterial, mineraler och molasses - naturligt komposterade växter som bildar mikroorganismer. (SOBAC u.å.).

### *Bactériolit*

Bactériolit är en tillsats för gödsel som leder till mindre gasutsläpp vid lagring och spridning på fält. Tillsatsen består av mineraler och mikroorganismer som aktiverar den biologiska omvandlingen av gödsel och uppslamning (slurry) till humus. Resultat blir bland annat mindre ammoniakemission och mindre lukt så stallmiljön förbättras samtidigt som mineralerna i gödseln returneras till växterna i stället för att sköljas bort eller släppas ut i atmosfären. I en studie doserades bactériolit över ströbädden 10 dagar efter djuren introducerats till stallet och ammoniakemissionen i luften minskade med 82 procent och fixat organiskt kväve ökade med 39 procent. (SOBAC u.å.).

### *Bactériométha*

Bactériométha är en tillsats bestående av naturliga mineraler och komposterade växter som består av mikroorganismer som hjälper till att delvis förbättra djurens matsmältningsprocess samt förbättra stallmiljön genom att ammoniakutsläpp minskar och därmed lukten i stallet. Produkten ”fångar in kväve och kol i substrat” för att på så vis minska lukten. Bakterier omvandlar ammoniak till organiskt kväve. Hålls på gödseln, i avloppssamlingsgropar eller i alla typer av substrat (SOBAC u.å.).

### *Quaterna Plant*

Quaterna Plant är ett supplement till bactériosol (Quaterna agerar i ”samarbete” med Bactériosol) med syfte att stabilisera skördarna. Quaterna består av mikroorganismer, utvalda från Marcel Mélys technologies, som i jorden förbättrar dess fysiska, kemiska och biologiska egenskaper. Mikroorganismerna skapar ett ”kommunikationsnätverk” mellan jorden och växterna och resultatet blir en symbios där näringsutbytet förbättras. Rötterna och mykorrhiza utvecklas bättre och växternas tillväxt förbättras. (SOBAC u.å.). Med Quaterna kan halten ammoniak i stallen reduceras från 8 ppm till 4 ppm med Quaterna. Quaterna Terra (pellets) kan sprayas direkt med en gödselspridare. Quaterna Activa 500 (pulver) kan appliceras tillsammans med gödsel och biogasuppslamning. Effekt är att minska förluster under lagring och sprutning på åkrarna och på grund av en bättre ”kompostering” kommer elementen att finnas tillgängliga för växter.

### **Mikrobiella medel**

En studie publicerad 2019 redovisade effekten av olika andelar av tre mikrobiella agents på ammoniakreduktion av kompostering av gödsel (composting of layer manure). De argumenterar för att tillsatsen av mikrobiella medel i kompost är en metod för att lösa problemet med lukt (odors) som uppkommer i samband med aerob kompostering. Däremot menar de på att denna process är instabil när endast ett mikrobiellt medel tillsätts. Syftet av studien var att bestämma den bästa kombinationen av de tre mikrobiella medlen för ammoniakreduktion. I studien testades därför fem behandlingar innefattande olika proportioner av *Bacillus stearothermophilus*, *Candida utilis* och *Bacillus subtilis*. Proportionerna var följande: kontrollgrupp 0:0:0 (CK), 2:1:1 (A), 1:1:2 (B), 1:2:1 (C), and 1:1:1 (D). Jämfört med kontrollgruppen

minskade A, B, C, och D-grupperna ammoniakemissionerna med respektive 17,02 procent, 9,68 procent, 53,11 procent, och 46,23 procent. Totala ammoniakemissionen var signifikant mindre i C och D jämfört med CK. Orsaken beskrivs troligtvis vara att *Bacillus stearothermophilus*, *Candida utilis* och *Bacillus subtilis* minskade ammoniakutsläppen på grund av en sänkning av pH, främjande av tillväxten av ammoniakoxiderande bakterier samt omvandlingen av ammoniumkväve till nitratkväve. (Zhou, Zhang, Liao, Wu, Mi & Wang 2019).

## Ventilation

Ventilationen och luftrörelsen har en påverkan på ammoniakavgången. Luftrörelse påverkar både avgången direkt och även stalltemperaturen, vilket indirekt påverkar avgången. En ökad ventilation leder både till ökad luftrörelse, vilket ökar avgången, samt sänkt stalltemperatur, vilket minskar avgången. Flera studier och datorberäkningar menar dock att nettot av måttlig ventilation är positivt (Bång & Jonsson 1999). Det finns dock en enskild studie genomförd på nötkreatur i ett enskilt stall som menar att nettot är negativt (Malgeryd 2006). En annan positiv effekt med ventilation är att den kan föra bort gödselgaserna. Det som är viktigt att tänka på vid införande av ventilation är att den bör tillföras i de delar av stallet som inte är förorenade av gödsel och färdas så långt som möjligt innan det når gödseln. Vid gödseln ska i stället utsugning av frånluft ske (Jeppsson & Gustafsson 2009).

Frånluften i djurstall kan även behandlas till exempel genom ozonering och med gastvättare eller genom att i frånluften spruta in ett kemikaliskt preparat som binder ammoniak. (Jord och skogsbruksministeriet 2020).

## Material

Vissa studier menar att en del av ammoniakavgången kommer ifrån de materialval som gjorts vid stallbygget, framför allt materialet betong verkar ha en påverkan. Det finns teorier om att ammoniakavgångar kan härledas till tillsatsmedel i betong, främst cement och flygaska. Anledningen är att dessa delmaterial i betong innehåller kväve och som efter en tid bryts ned. Detta är fortfarande inte klarlagt, men dessa är teorierna man undersöker. Vid nybyggnation kan det undersökas om fler studier gjorts inom detta ämne som klargjort kopplingen mellan material och ammoniakemissioner (Lindvall 2014).

## Fukt

Fukt har en avgörande påverkan på ammoniakavgångarna och är således en viktig faktor att beakta. Kopplat till stallets utformning kan man minska fuktigheten på flera olika sätt. Ett sätt är att kontrollera isoleringen i golv och väggar för att undvika att väta tränger sig igenom (Hermansson & Nilsson 2011). Ett annat sätt är att införa golvvärme, vilket endast är relevant vid om-/nybyggnation. Alla vattennippel i stallet bör undersökas så att de inte droppar och blöter ned underlaget (Jeppsson & Gustafsson 2009). Sedan finns metoder som exempelvis tillsatsmedel och ventilation.

## Konversation med Svenska Foder

### **Har Svenska Foder arbetat något med fodrets effekt med avseende på ammoniak på senaste tiden?**

För att minska utsläppen av ammoniak är det viktigt att vi inte har en ”onödigt” hög proteinnivå i fodren. Att hitta rätt proteinnivå som ger en bra produktivitet men som inte innehåller onödigt hög ”säkerhetsmarginal” som då skulle kunna leda till onödiga ammoniakemissioner är något vi jobbar med löpande. Det ska ju tilläggas att proteinet är en stor kostnad i fodret så vi vill ju ur alla hänseenden hålla proteinnivån på ”rätt” nivå. Vi följer forskning och utveckling samt egna erfarenheter för att bedöma hur långt ned vi kan gå i protein.

### **Har era foderrecepten förändrats över tid? Kan man se några mönster?**

Ja det sker ju en kontinuerlig utveckling, generellt skulle jag säga att trenden är ju att proteininnehållet sänks och i stället kompenseras detta med syntetiska aminosyror.

### **Har mängden protein/fibrer förändrats i det foder Svenska Foder erbjuder?**

Gällande fiber så har vi börjat uppmärksamma detta alltmer och även om själva växttrådshalten i fodren idag inte skiljer sig åt jämfört med innan så finns det idag mer kunskap om kemiska fibersammansättning och fysiska fibersammansättning. Jag skulle säga att vi rätt tidigt varit hyfsat duktiga på detta men att det har hamnat ännu mer i fokus.

### **Erbjuder ni några andra produkter som är riktade mot att minska ammoniakemission i stallar?**

Ja vi säljer ströprodukter i form av Easy-Way och Easy-Strö som tack vare sin framställningsprocess effektivt binder ammoniak och hjälper till att hålla nivåerna nere. Vi har också Stalosan som är ett torrdesinfektionsmedel som bryter ned ammoniak.

(Carlsson, M Åsa; produktchef vid Svenska Foder. 2021. Konversation 27 januari).

## Referenser

- AgroSupply, 2009. *Agro Clima Unit for Broilers*. AgroSupply. Produktfaktablad – Agro Clima Unit. [http://praxis1.nichost.ru/common/upload/Agro\\_Clima\\_Unit\\_Eng\[2\].pdf](http://praxis1.nichost.ru/common/upload/Agro_Clima_Unit_Eng[2].pdf)
- Agyarko-Mintah, E., Cowie, A., Van Zwieten, L., Singh, B.P., Smillie, R., Harden, S., Fornasier, F., 2017. *Biochar lowers ammonia emission and improves nitrogen retention in poultry litter composting*. Waste Management, Volume 61, March 2017. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.009>
- Airaksinen, S. Heiskanen, M-L. Heinonen-Tanski, H. Laitinen, J. Laitinen, S. Linnainmaa, M. & Rautiala, S. 2005. *Variety in dustiness and hygiene quality of peat bedding*. Ann Agric Environ Me, vol 12, ss. 53-59.
- Anaje, A., Alegrim, G., 2019. *Värmeåtervinning av luft i kycklingstallar*. Linnéuniversitetet sjöfartshögskolan.
- Anderson, K. Moore Jr, P A. Martin, J. Ashworth, A J. 2020. *Effect of a New Manure Amendment on Ammonia Emissions from Poultry Litter*. Crop, Soil, and Environmental Sciences, Plant Sciences 115, University of Arkansas, Fayetteville, AR 72701, USA. *Atmosphere* 2020, 11, 257; doi:10.3390/atmos11030257
- Bajwa, S.G. & Gadiraju, H. 2007. *Laboratory evaluation of clinoptilolite for ammonia emission mitigation from broiler litter*. International Symposium on Air Quality and Waste Management for Agriculture. CD-Rom Proceedings of the 16-19 September 2007 Conference (Broomfield, Colorado), ASABE Publication Number 701P0907cd
- Blake John P. & Hess Joseph B. 2001. *Litter Treatments for Poultry*. Alabama Cooperative Extension System, ANR-1199
- Bokkers, E.A.M., van Zanten, H.H.E., van den Brand, H., 2010. Field study on effects of a heat exchanger on broiler performance, energy use, and calculated carbon dioxide emission at commercial broiler farms, and the experiences of farmers using a heat exchanger. *Poultry Science*. DOI: 10.3382/ps.2010-00902
- Bruun, T., 2019. *VERA VERIFICATION STATEMENT – Verification of environmental technologies for agriculture production: Agro Clima Unit (ACU) Clima+, type 2,5*. Delivered by Rokkedahl Energi ApS.
- Bång M., Jonsson, E., 1999. *Ammoniäkförluster till jordbruket – förslag till delmål och åtgärder*. Jordbruksverket.
- Celli, G., 2018. *Development of Ammonia and Particulate Matter Emission Factors for a Broiler House with a Heat Exchanger Ventilation System*. The University of Guelph.
- Dansk landbrugsrådgivning. 2004. *Delvist spaltegulv med skraber og køling af kanalbund*. BAT Bedst tillgængelige teknik, Gr 106-04-53, Dansk landbrugsrådgivning.
- Davidsson, M., 2012. *Praktiska råd Stallar för djur och miljö*. greppa näringen nr 13:2.
- Elmia Garden, 2020. *Skånefrö Biokol – vinnare av Elmia Garden Award Årets Trädgårdsprodukt 2020*. <https://www.elmia.se/garden/for-besokare/nyheter/skanefrobiokol--vinnare-av-elmia-garden-award-arets-tradgardsprodukt-2020/>

- Erlemark, A. 2013. *HANDBOK I ENERGIEFFEKTIVISERING Del 5 Ventilation i djurstallar*. Projekt inom LRF: Underlag energieffektivisering.
- Esmail Salah. 2016. *Reducing ammonia emissions in poultry*. Poultry world. <https://www.poultryworld.net/Health/Articles/2016/8/Reducing-ammonia-emissions-in-poultry-2846988W/>
- Europeiska unionens officiella tidning. 2017. *Kommissionens genomförandebeslut (EU) 2017/302 om fastställande av BAT-slutsatser för intensiv uppfödning av fjäderfä eller gris, i enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/75/EU* [delgivet med nr C (2017) 688]. Bryssel 15 februari 2017.
- Fransson AM, Gustafsson M, Malmberg J, Paulsson M, 2020. *Biokolhandboken – för användare*. <https://biokol.org/wp-content/uploads/biokolshandbok.pdf>
- Gerlach H, Schmidt HP: *Biochar in poultry farming*, the Biochar Journal 2014, Arbaz, Switzerland. ISSN 2297-1114. Version of 01 th August 2014.
- Germundsson, C. 2006. *Strötorvsanvändning I djurstallar. Peat litter use in animal houses a literature review*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi.
- Goselink, Y.S.M., Ramirez, B.C., 2019. *Characterization of an Air-to-Air Heat Exchanger for Manure Belt Drying Ventilation in an Aviary Laying Hen House*. Journal of Applied Poultry Research, Volume 28, Issue 4. <https://doi.org/10.3382/japr/pfz075>
- Gäredal, L., Cizuk, P., 2004. *Synergieffekter mellan hönhållning och odling i kallväxthus – en kartläggning av krav som behöver uppfyllas*. Centrum för uthålligt, lantbruk Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Hermansson, A., Nilsson, C., 2011. *Tilläggsvärme – är det verkligen nödvändigt?* Fjäderfä nr 2–2011. <https://xn--fjderf-cuae.se/?p=20146&cm=3223#.YAaHVOhKg2w>
- Hjelm, N., 2016. *Biokol*. Hemmaodlat. Publicerad 29/03/2016. <https://www.hemmaodlat.se/odla/biokol/>
- Hoffman, M. 2020. *Danska grisar i hetluften i ännu en miljöfråga*. Agriprim News. Publicerad 23/03/2020. <https://news.agriprim.com/artikel/2225633/delad.html>
- Husted, S., L.S. Jensen, and S.S. Jorgensen. 1991. *Reducing ammonia loss from cattle slurry by the use of acidifying additives: The role of the buffer system*. J. Sci. Food Agric. 57:335–349.
- Jansson, A., 2019. *Effekt av biokol i djupströbädd på emission av ammoniak och växthusgaser samt liggbetaende hos köttjur*. Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, Uppsala.
- Jeppsson, K., Gustafsson, G., 2009. *Byggnadstekniska åtgärder för lägre ammoniakemission från djurstallar*. Rapport 2009:12. Sveriges lantbruksuniversitet, Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap.
- Jeppson, K-H. Gustafsson, G. 2009. *Techniques to reduce ammonia emissions from animal houses*. Lantbrukets byggnadsteknik. Sveriges lantbruksuniversitet. Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap. Rapport 2009:12 ISSN 1654-5427 ISBN 978-91-86373-00-9 Alnarp 2009

- Jeppsson, K., 2013. *Vad påverkar ammoniakavgång – åtgärder och byggnadslösningar*. Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Jeremiasson, A. Carlsson, B. Jamieson, M. Hagberg, C. Gotborn, E. 2019. *Minskad ammoniakavgång i värphönsstallar - Resultat och erfarenheter från genomfört projekt*. Svenska ägg, HIR Skåne, Energikontoret Östergötland.
- Jha, R. Das, R. Oak, S. Mishra, P. 2020. *Probiotics (Direct-Fed Microbials) in Poultry Nutrition and Their Effects on Nutrient Utilization, Growth and Laying Performance, and Gut Health: A Systematic Review*. *Animals* 2020, 10, 1863; doi:10.3390/ani10101863
- Jordbruksverket. 2019. *Tillsynsvägledning om BAT- slutsatser för intensiv uppfödning av fjäderfå eller gris (IRPP- BREF)*. Version 1:4, februari 2019.
- Jordbruksverket. 2020a. *Tillsynsvägledning om BAT- slutsatser för intensiv uppfödning av fjäderfå eller gris (IRPP- BREF)*. Version 1:5, maj 2020.
- Jordbruksverket. 2020b. *Hållbar användning av gödsel i jordbruket*. <http://djur.jordbruksverket.se/amnesomraden/konsument/hallbarmatforalla/hallbaranvandningavgods-elijordbruket.4.132f52df15b3f8ef0ad28de7.html>
- Jordbruksverket. 2020c. *Är stenmjöl i stallar och i gödsel till nytta?*. Uppdaterad 2020-05-18: <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/forskning-om-ekologiskproduktion/arkiv/2019-10-22-ar-stenmjol-i-stallar-och-i-gods-el-till-nytta>
- Jordbruksverket. 2020d. *Biokol i ekologisk odling*. <https://jordbruksverket.se/jordbruketmiljon-och-klimatet/forskning-om-ekologisk-produktion/arkiv/2020-03-19-biokol-iekologisk-odling>
- Jord- och skogsbruksministeriet. 2020. *Minskning av ammoniakutsläpp från jordbruket Handbok för jordbrukare*. Utgivare: Jord- och skogsbruksministeriet, 2020. Regeringsgatan 3 A, Helsingfors PB 30, 00023 Statsrådet.
- Kalus, K., Konkol, D., Korczyński, M., Koziel, J.A., Opaliński, S., 2020a. *Laying Hens Biochar Diet Supplementation – Effect on Performance, Excreta N Content, NH<sub>3</sub> and VOCs Emissions, Egg Traits and Egg Consumers Acceptance*. *Agriculture* 2020, 10(6), 237; <https://doi.org/10.3390/agriculture10060237>
- Kalus, K., Konkol, D., Korczyński, M., Koziel, J.A., Opaliński, S., 2020b. *Effect of Biochar Diet Supplementation on Chicken Broilers Performance, NH<sub>3</sub> and Odor Emissions and Meat Consumer Acceptance*. *Animals (Basel)*. 2020 sep; 10(9): 1539. doi: 10.3390/ani10091539
- Kupper, T. Häni, C. Neftel, A. Kincaid, C. Bühler, M. Amon, B. VanderZaag, A. 2020. *Ammonia and greenhouse gas emissions from slurry storage - A review*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 300, 2020, 106963, ISSN 0167-8809, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106963>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880920301481>)
- Laxmar, E. 2018. *Ett ökat foder-utnyttjande och bättre luft i stallet*. Lantbrukets Affärer, Tejarps Förlag. <http://www.lantbruketsaffarer.se/ett-okat-foder-utnyttjande-och-battreluft-stallet/>

- Lee, M. Wi, J. Koziel, J. A. Ahn, H. Li, P. Chen, B. Meir Khanuly, Z. Banik, C & Jenks, W. 2020. *Effects of UV-A Light Treatment on Ammonia, Hydrogen Sulfide, Greenhouse Gases, and Ozone in Simulated Poultry Barn Conditions*. *Atmosphere* 2020, 11, 283; doi:10.3390/atmos11030283
- Lindvall, A., 2014. *Emissioner av ammoniak från golvkonstruktioner*. Svenska Byggbranschens utvecklingsfond. Göteborg. ID: 12530.
- Lovén Persson, A. Carlsson, B. 2019. *Ammoniakredovisning – men mer kunskap behövs*. Svenska ägg. Fjäderfä 6, s 12-13.
- Malgeryd, J., 2006. *God jordbrukarsed för att begränsa ammoniakförlusterna*. Jordbruksverket.
- Mikkelsen, G.H., Cortina, A.G., 2012. *Statement of Verification: Agro Clima Unit*. The Danish Centre for Verification of Climate and Environmental Technologies (DANETV) and AgroTech.
- Moore, P. Miles, D. Burns, R. 2019. *Reducing Ammonia Emissions from Poultry Litter with Alum*. Reprinted, with permission, from the proceedings of: Mitigating Air Emissions From Animal Feeding Operations Conference. <https://lpec.org/reducing-ammonia-emissions-from-poultry-litter-with-alum/>
- Multiheat International, u.å. *Multiheat HW unit Dry heat from a unique air distribution unit*. Multiheat. Produktfaktablad – Multiheat hot water unit. <https://pdf.agriexpo.online/pdf/multiheat-international-bv/multiheat-warmwaterheater-leaflet/172186-11556-2.html>
- Multiheat International, 2018. *Multiheat warm water heater [video]*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=kn6RJ3cNRcQ>
- Munters. u.å. *Air Cleaner for Poultry and Pigs*. Produktionsblad. Nordvestvej, 3 – 9600 Aars, Denmark.
- McCrary, D.F. & Hobbs, P.J. 2001. *Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes: A review*. *Journal of Environmental Quality* 30, 345-355.
- Nadeau E. & Gustafsson, A. u.å a. *Analysera ditt foder. Praktiska råd från projektet LIFE Ammoniak*. [www.ammoniak.nu](http://www.ammoniak.nu)
- Nadeau E. & Gustafsson, A. u.å b. *Sänk råproteinhalten i foderstaten. Praktiska råd från projektet LIFE Ammoniak*. [www.ammoniak.nu](http://www.ammoniak.nu)
- Nationalencyklopedin. u.å. *Zeoliter*. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/zeoliter>
- Naturvårdsverket. 2019a. *Luftvårdsprogrammet – förslag till strategi för renare luft i Sverige*. Skrivelse från Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. 2019b. *Luftvårdsprogrammet – förslag till strategi för renare luft i Sverige - Bilaga 1 – Aktuella åtgärder*.
- Naturvårdsverket. 2020a. *Utsläpp i siffror – Ammoniak (NH<sub>3</sub>)*. Naturvårdsverket, 106 48 Stockholm. <http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/amnen/andra-gaser/ammoniak/>
- Naturvårdsverket. 2020b. *Informative Inventory Report Sweden 2020 - Submitted under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*. Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm, Sweden.



- Naturvårdsverket & Jordbruksverket. 2019. *Minskade utsläpp av växthusgaser från jordbruket med ökad produktion? Scenarier till 2045 för utsläpp och upptag av växthusgaser inom jordbrukssektorn*. Publicerad 2019-12-12.
- Nimmermark, S., Eduard, W., Gustafsson, G., Lund, V., 2007. *Luftkvalitet i norske hus for verpehøns*. Veterinærinstituttet.
- Patterson P H & Adrizal I. 2005. *Management Strategies to Reduce Air Emissions: Emphasis—Dust and Ammonia*. Poultry Science Association, Inc. Hämtad från <https://academic.oup.com/japr/article-abstract/14/3/638/832595> on 29 May 2018
- Raatec. u.å.a. *MCP Blocktorv - naturliga torvblock från svenska torvmossar*. Produktionsblad. Tullgatan 6, 252 69 RÅÅ, Sweden.
- Raatec. u.å.b. *MCP värmebehandlad Rapshalm*. <https://raatec.com/wpcontent/uploads/2018/03/MCP-Raps-Fjäderfä-ny.pdf>
- Rodhe, L. Ascue, J. Tersmeden, M & Pizzul, L. 2019. *Ammoniakavgång från flytgödsellager - orötad och rötad nötflytgödsel, med och utan surgörning*. RISE Research Institutes of Sweden. RISE Rapport 2019:51 ISBN 978-91-88907-79-0 Uppsala 2019
- Rogstrand, G., Tersmeden, M., Bergström, J., Rodhe, L., 2005. *Åtgärder för minskad ammoniakavgång från fastgödsellager*. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Rokkedahl Energi, 2018. *Våra värmväxlare är mer än bara varm luft*. [rokkedahl-energi.dk](https://rokkedahl.dk/wpcontent/uploads/2020/03/Rokkedahl_Energi_Brochure_A4_8sider_Apr2019-SVENSK-UDENSK%E2%94%9C%C3%A5REM%E2%94%9C%C3%A5RKER-1.pdf). [https://rokkedahl.dk/wpcontent/uploads/2020/03/Rokkedahl\\_Energi\\_Brochure\\_A4\\_8sider\\_Apr2019-SVENSK-UDENSK%E2%94%9C%C3%A5REM%E2%94%9C%C3%A5RKER-1.pdf](https://rokkedahl.dk/wpcontent/uploads/2020/03/Rokkedahl_Energi_Brochure_A4_8sider_Apr2019-SVENSK-UDENSK%E2%94%9C%C3%A5REM%E2%94%9C%C3%A5RKER-1.pdf)
- Sandberg, C. Eriksson, L. & Olsson-Hägg, H. 2020. *Praktiska råd. Ammoniakförluster Gris och Fjäderfä – Åtgärder i utfodring och stall*. Greppa näringen.
- Sannö J.-O., Cederberg C., Gustafsson G., Hultgren J., Jeppsson K.-H., Karlsson S., Nadeau E. 2003a. *LIFE Ammonia. Sustainable milk production through reduction of on-farm ammonia losses. Project report*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa, Skara. ISBN 91-576-6605-9 ISSN 1402-333
- Sannö J.-O., Cederberg C., Gustafsson G., Hultgren J., Jeppsson K.-H., Karlsson S., Nadeau E. 2003b. *LIFE Ammoniak avslutat – förbättrad gödselhantering viktigast*. Fakta jordbruk, nummer 14. ISSN 1403-1744
- Secher, S., 2018. *”Världsunik” diskussion om värmväxlare*. Fjäderfä nr 10-2018. <https://www.fjaderfa.se/?p=21476&m=3223#.X9YjzthKg2x>
- SOBAC. u.å. *SOBAC SOLUTIONS - MARCEL MÉZY TECHNOLOGIES*. Products brochure. ZA - 12740 Lioujas, France. [https://www.sobac.fr/sites/default/files/upload/Anglais/Brochures%20produits/2020\\_plaquette\\_anglais\\_livret\\_br.pdf](https://www.sobac.fr/sites/default/files/upload/Anglais/Brochures%20produits/2020_plaquette_anglais_livret_br.pdf)
- Svenska foder. 2020. *Nytt och nyttigt om Fjäderfä*. Tryck nov 2020. Svenska foder AB. [www.svenskafoder.se](http://www.svenskafoder.se)
- Svenskaägg, u.å. *Kväveförluster i hönsstallet*. Svenskaägg. <https://www.svenskaagg.se/?p=19975>

- Sveriges lantbruksuniversitet, 2003. *Praktiska råd från projektet LIFE Ammoniak*. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Swedfarm, 2020. *Earny Heat Exchanger*. Big Dutchman. Produktfaktablad – Earny. <https://swedfarm.se/wp-content/uploads/2020/05/Produktblad-EarnyV%C3%A4rmev%C3%A4xlare.pdf>
- Zhou, S. Zhang, X. Liao, X. Wu, Y. Mi, J. Wang, Y. 2019. Effect of Different Proportions of Three Microbial Agents on Ammonia Mitigation during the Composting of Layer Manure. Academic Editor: Derek J. McPhee. National Engineering Research Center for Breeding Swine Industry, College of Animal Science, South China Agricultural University, China. Guangdong Provincial Key Lab of Agro-Animal Genomics and Molecular Breeding and Key lab of Chicken Genetics, Breeding and reproduction, Ministry of Agriculture, China.
- Wang-Li, L. Xu, Y. Shivkumar, A P. Williams, M. & Brake, J. 2020. Effect of dietary coarse corn inclusion on broiler live performance, litter characteristics, and ammonia emission. Department of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University; and Prestage Department of Poultry Science, North Carolina State University. 2020 Poultry Science 99:869–878 <http://dx.doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.010>