

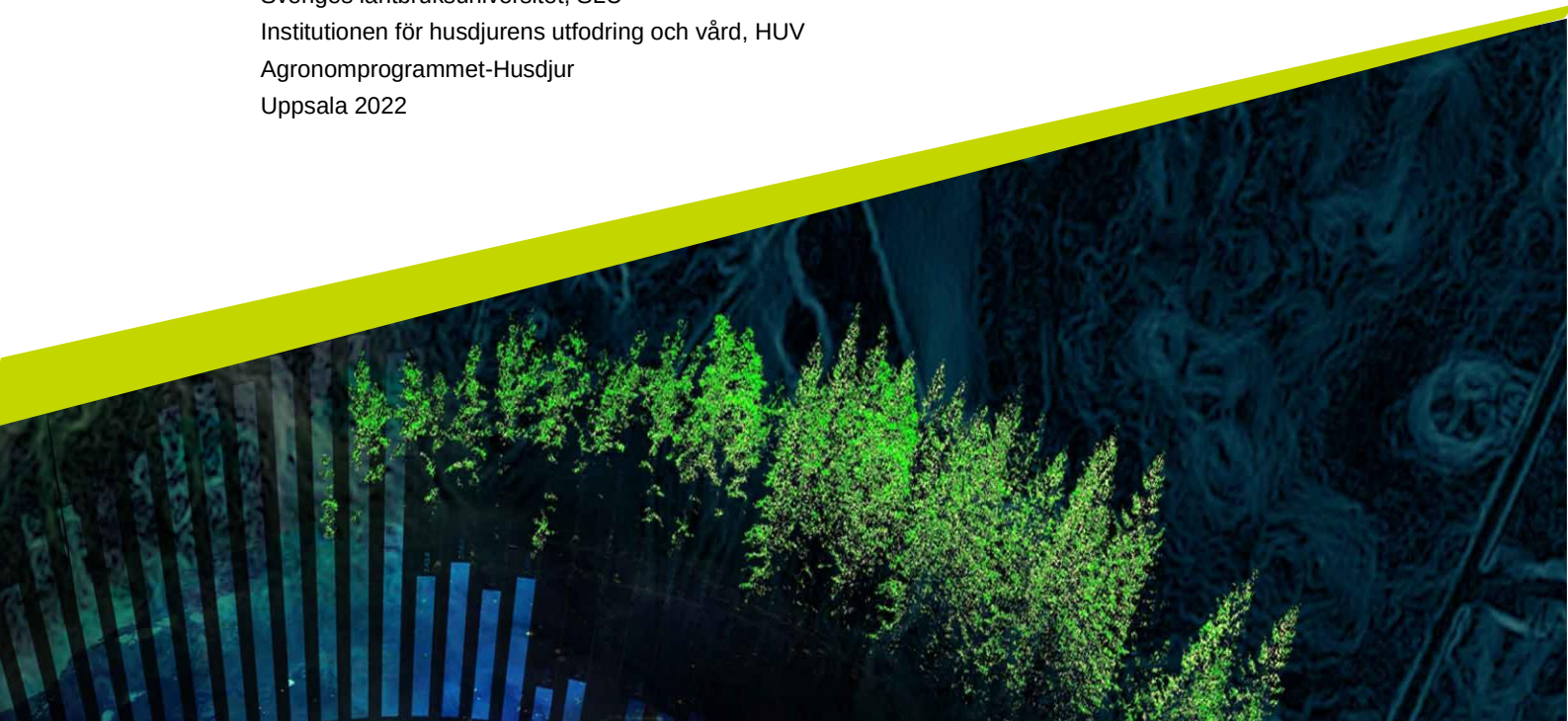


Olika strömaterials förmåga att binda fukt och ammoniak, samt deras tendens att damma

- En studie med fokus på fjäderfäproduktion

Sigrid Andersson

Examensarbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för husdjurens utfodring och vård, HUV
Agronomprogrammet-Husdjur
Uppsala 2022



Olika strömaterials förmåga att binda fukt och ammoniak, samt deras tendens att damma – En studie med fokus på fjäderfäproduktion

The ability of different litter materials to absorb moisture and ammonia and their tendencies tendencies to create dust – A study focusing on poultry production

Sigrid Andersson

Handledare: Helena Wall, Sveriges lantbruksuniversitet, Husdjurens utfodring och vård
Examinator: Hanna Eriksson, Sveriges lantbruksuniversitet, Husdjurens utfodring och vård

Omfattning: 30 hp
Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E
Kurstitel: Självständigt arbete i husdjursvetenskap
Kurskod: EX0872
Program/utbildning: Agronomprogrammet-Husdjur
Kursansvarig inst.: Institutionen för husdjursgenetik
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2022

Nyckelord: värphöns, slaktkyckling, torv, biokol, halmpellets, kutterspån

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Sammanfattning

Jordbruket står för stor del av Sverige ammoniakutsläpp och gasen har skadlig påverkan på fjäderfäns hälsa, välfärd och produktion, människors hälsa och på den globala miljön genom övergödning och försurning. Det här examensarbetet syftade till att hitta produkter av torv och biokol som var lämpliga att använda i ströbädd för fjäderfä och utvärdera strömaterialens förmåga att adsorbera ammoniak, binda fukt samt tendenser att damma. Syftet var även att genom intervjuer med lantbrukare samla praktiska erfarenheter av torv och biokol som strömedel till hönsfåglar samt inventera vilka produkter av biokol och torv som finns tillgängliga på den svenska marknaden. För att uppnå syftet intervjuades tre ägg- och två kycklingproducenter rörande sina erfarenheter av praktisk torvanvändning. Vi kunde dock inte hitta någon lantbrukare med erfarenhet av praktisk biokolanvändning i ströbäddar för fjäderfä. Efter produktinventering valdes tre produkter biokol (Skånefrö, Carbofex, Oplandske), två produkter torv (RS Mustang, Swedfore) samt en krossad halmpellets (Easy-Way) ut för att studeras vidare. På laboratorium utvärderades materialen avseende förmåga att adsorbera ammoniak, vattenhållande kapacitet samt hur mycket produkterna dammade vid olika torrsubstanshalter. Kutterspån (YesBox) användes som kontrollmaterial i laborationsstudien.

Av de intervjuade lantbrukarna var de två kycklingproducenterna generellt nöjda med torv och de tre intervjuade äggproducenter föredrog kutterspån. På laboratorium sågs ingen adsorption av ammoniak för de tre produkterna av biokol vilket tros bero på biokolens höga pH-värden. Av biokolen dammade Skånefrö minst och mest vatten absorberade Oplandske och Carbofex. Av torvprodukterna hade Swedfore bäst förmåga att adsorbera ammoniak. RS Mustang hade lägre tendens att damma och absorberade mer vatten än Swedfore. Högst vattenhållande förmåga av alla materialen hade Easy-Way, medan YesBox visade sig damma lite i jämförelse med de andra materialen trots sin höga TS-halt. Ju lägre torrsubstansen var desto mindre dammade produkter som innehöll biokol och torv. Baserat på resultaten är det svårt att dra några generella slutsatser om vilket av de undersökta biokolen respektive torvmaterialen som är bäst lämpade som strö till fjäderfäflokar i praktiken.

Nyckelord: värphöns, slaktkyckling, torv, biokol, halmpellets, kutterspån

Abstract

Agriculture in Sweden is responsible for a majority of ammonia emissions, which has a negative effect on poultry health, welfare, production, human health and on the global environment through eutrophication and acidification. This master's thesis aimed to identify different products of peat and biochar suitable for usage as poultry bedding material and to evaluate their ability to adsorb ammonia, absorb moisture and tendencies to dust. Also, the thesis aimed to gather useful practical experience of using peat and biochar by interviewing farmers and to map commercially available biochar and peat products on the Swedish market. To achieve the aim, three egg producers and two broiler producers were interviewed regarding their practical experience of peat usage. No farmer with practical experience of biochar usage in poultry bedding could be found. The mapping resulted in the selection of three products of biochar (Skånefrö, Carbofex, Oplandske), two types of peat (RS Mustang, Swedfore) and one crushed straw pellet (Easy-Way) for further evaluation. At the laboratory, ammonia adsorption, water holding capacity and tendencies to dust at different dry matter contents were evaluated for the chosen products. Wood shavings (YesBox) were used as control material in the laboratory studies.

Of the interviewed farmers, the two broiler producers were generally content with usage of peat, while the three egg producers preferred wood shavings. In the laboratory, none of the biochar products adsorbed ammonia, possibly because of the high pH value of the chars. Of the biochar products, Skånefrö had less tendency to dust, whereas Oplandske and Carbofex absorbed the most water. Of the peat products, Swedfore had the best ammonia binding capacity. RS Mustang had lower tendency to dust and better water holding capacity than Swedfore. Easy-Way had the highest water holding capacity of all the materials, while YesBox had lower tendency to dust compared to the other materials despite having the highest dry matter content. The lower the dry matter content, the lower was the tendency to dust for products containing peat and biochar. Based on these results, it is difficult to draw any general conclusions about which evaluated peat and biochar products that are best suited as bedding material for poultry flocks in practice.

Keywords: laying hen, broiler, peat, biochar, straw pellets, wood shavings

Innehållsförteckning

Förkortningar	6
1. Inledning	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	8
1.3 Begränsningar	9
1.4 Frågeställning	9
2. Litteraturstudie	10
2.1 Ammoniak	10
2.2 Damm	12
2.3 Biokol	13
2.4 Torv	15
2.5 Halmpellets	17
3. Material och metod	19
3.1 Litteraturgenomgång	19
3.2 Intervjuer	19
3.3 Inventering och val av produkter	20
3.4 Utvärdering på laboratorium	20
4. Resultat	24
4.1 Intervjuer	24
4.2 Inventering av produkter	28
4.3 Utvärdering på laboratorium	30
5. Diskussion	36
6. Slutsats	45
Referenser	46
Populärvetenskaplig sammanfattning	49
Bilaga 1	51

Förkortningar

SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
RISE	Research Institute of Sweden
N	Kväve
NH ₃	Ammoniak
NH ₄ ⁺	Ammonium
HCO ₃ ⁻	Vätekarbonatjon
WHC	Vattenhållande förmåga
EBC	European Biochar Certificate
IBI	International Biochar Initiative
TS	Torrsubstans
INDF	Indigestible neutral detergent fiber
SD	Standardavvikelse

1. Inledning

Följande arbetet är en förstudie till projektet ”Förbättrad djurvelfärd med lägre ammoniak i fjäderfästallar”, ett samarbete mellan Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Research Institute of Sweden (RISE) samt Vreta Kluster. Projektet finansieras med medel från FORMAS.

1.1 Bakgrund

I Sverige kom 2020 knappt 90 % av utsläppen av ammoniak (NH_3) till luft från jordbruket (Naturvårdsverket u.å.). Kväve (N) förloras bland annat genom att ammoniak avgår från ytor med gödsel i djurstallarna, vid gödsellagring och genom spridning av gödsel på åkermark (Oenema et al. 2008). Hönsgödsel är kväverikt, den totala mängden uttryckt som mg kväve per g torrs substans färsk gödsel har i tidigare studier visat sig vara större i fjäderfägödsel (50,0) jämfört med gödsel från gris (30,8) och nöt (23,3) (Kirchmann & Witter 1992).

Efterfrågan på produkter från fjäderfän har ökat de senaste åren och därmed har även antalet individer ökat i antal. Varje år gör Jordbruksverket en djurräkning och i Sverige fanns i juni 2020 drygt 21,6 miljoner individer fördelade i grupperna höns, det vill säga vuxna tappar och hönor, värpkycklingar och slaktkycklingar (Jordbruksverket 2021). En större andel värphöns är frigående idag än tidigare (Svenska Ägg u.å.a). Ca 92 % av värphönsen i Sverige är frigående och producerar ägg som säljs under märkningen frigående inomhus, frigående utomhus eller ekologiskt i envånings- eller flervåningssystem. Samtliga frigående värphöns har tillgång till ströbädd där de kan sandbada, picka och sprätta (Svenska Ägg u.å.a). Slaktkycklingar hålls på golvet i stallen och ska enligt SJVFS 2019:23 4§ 3 kap. ha en torr och lucker yta på ströbädden.

Med frigående inhysning hamnar delar eller all gödseln i ströbädden och blir kvar i stallen tills ströbädden gödslas ut. Intervallet mellan utgödslingar varierar och beror på inhysningssystem och djurkategori. Större mängd gödsel inuti stallarna är en faktor som bidrar till att koncentrationerna av ammoniak i stallen stiger (Nimmermark et al. 2009). I tillägg kan högre djurdensitet ge en blötare ströbädd genom större gödseldeposition (Estevez 2002). Ökad temperatur och luftfuktighet

i stallarna kan ge ökad koncentration av ammoniak i luften inne i stallarna samt ökad emission av ammoniak. (Ritz et al. 2004; Nimmermark & Gustafsson 2005; Liu et al. 2007).

Ammoniak kan ha skadliga effekter på djurens produktion (Estevez 2002; Ritz et al. 2004; Gerlach & Schmidt 2012), på djurens hälsa och välfärd (Estevez 2002; Ritz et al. 2004; Gerlach & Schmidt 2012), på människors hälsa (Malone 2002) och på miljön (Ritz et al. 2004; Gerlach & Schmidt 2012). De här effekterna kan kopplas till social, ekonomisk och miljömässig hållbarhet. Enligt gällande djurskyddsföreskrifter (SJVFS 2019:23) får fjäderfän endast tillfälligt utsättas för ammoniakkoncentrationer över 10 ppm. Med hänvisning till samma föreskrift, SJVFS (2019:23), är det dock tillåtet med ammoniaknivåer upp till 25 ppm för värphöns och avelsdjur i envåningssystem.

Det är idag svårt för svenska äggproducenter att skapa en stallmiljö där ammoniakkoncentrationen i luften inte överskrider gränsvärdet i lagstiftningen (Jeremiasson et al. 2019). Detta är problematiskt då konventionella höns och slaktkycklingar inte kan välja att gå ut utan spenderar all tid i stallets befintliga klimat. Samma situation gäller även ekologiska höns och kycklingar under årets kallare perioder. Idag är kutterspån det vanligaste strömaterial i värphönsstallar men sågspån, sand och halmpellets är exempel på andra alternativ (Svenska Ägg u.å.b). Kutterspån rekommenderas av näringen ur hygien- och smittskyddssynpunkt (Svenska Ägg u.å.b). Kutterspån har dock visat sig adsorbera ammoniak sämre än torv (Kemppainen 1987) och biokol har föreslagits kunna reducera mängden ammoniak som kan avgå till luften, samt binda vatten i ströbädden (Gerlach & Schmidt 2012). För att sänka halterna av ammoniak i stallar för fjäderfä skulle därmed torv och biokol kunna blandas in i ströbädden.

1.2 Syfte

Det övergripande syftet med examensarbetet är att identifiera produkter av torv och biokol som är lämpliga att användas som strömedel eller tillsats i strömedel till fjäderfä. Även halmströpellets utvärderas i laboratorieanalyser. Arbetet genomförs som tre delstudier:

- Intervjuer av fjäderfäproducenter som använder eller har använt torv eller biokol som strö för att samla in erfarenheter av att använda torv och biokol praktiskt, exempelvis hur mycket och vilket strömedel som används, om strömedlet behandlas innan användning, hur mycket det dammar och i vilken grad det ger smutsiga ägg.

- Inventering av vilka fabrikat av biokol och torv som finns tillgängliga som strömedel på den svenska marknaden.
- Laboratorieanalys av strömaterialens förmåga att absorbera fukt, binda ammoniak samt tendenser att damma, där kutterspån används som kontrollmaterial.

1.3 Begränsningar

I arbetet ingår inventeringen av de produkter av torv och biokol som är producerade i Sverige. Om lämpliga svenska produkter inte finns utökas inventeringen till produkter utanför Sverige. Halmströpellets inkluderas inte i inventeringen av produkter och inte heller i intervjustudien.

1.4 Frågeställning

De huvudsakliga frågeställningarna i projektet är: Vilka produkter av torv och biokol är mest lämpade som strömedel för att minska förekomsten av ammoniak i fjäderfästallar? Hur påverkar torrsubstanshalten hos torv och biokol och typ av produkt damningstendenser? Hur stor förmåga har olika produkter av torv och biokol att absorbera vatten?

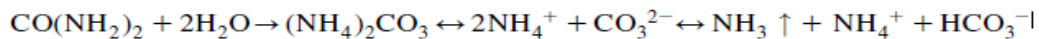
2. Litteraturstudie

2.1 Ammoniak

Ammoniak (NH_3) är en färglös, vattenlöslig gas som bildas när organiskt kväverika delar i gödseln bryts ner av specifika mikrober i stallmiljön (Ritz et al. 2004). I den globala miljön orsakar ammoniak främst övergödning och försurning men föreningen genererar även hälsoskadliga partiklar (Naturvårdsverket u.å.). Hur mycket NH_3 som avges från ströbädden beror på hur mycket kväve som finns i träcken (Ritz et al. 2004; Oenema et al. 2008), kväveinnehållet i strömaterial, temperaturen i luften och i ströbädden, relativ luftfuktighet samt fukt i ströbädden och pH i gödsel och ströbädd (Ritz et al. 2004; Liu et al. 2007; Oenema et al. 2008). Även vilket systemet som används för lagring av gödsel och hur gödseln sprids på åkermark påverkar ammoniakemissionen på gårdsnivå (Oenema et al. 2008).

Kväverika föreningar i både urin och träck kan leda till ökad ammoniakemission. En stor andel av totalt kväve (totalt N) i fjäderfägödsel kommer från urinsyra, motsvarande 35-50 % av den totala kvävemängden i gödsel från slaktkycklingar (Oenema et al. 2008) och 61 % i hönsgödsel (Kirchmann & Witter 1992). Urea utgör 5 – 8 % av totalt N i gödsel från slaktkycklingar (Oenema et al. 2008) och 1,3 % av totalt N i gödseln för värphöns. (Kirchmann & Witter 1992). Urinsyran i gödseln omvandlas till urea (Liu et al. 2007) med hjälp av bakterier (Ritz et al. 2004). Urea hydrolyseras sedan av enzymet ureas till NH_3 , NH_4^+ och HCO_3^- . Bildningen av HCO_3^- leder till en pH-ökning i ströbädden (Oenema et al. 2008), se figur 1. Katjon-anjonbalansen i fodret påverkar pH-värdet i färsk urin och ett lågt pH-värde minskar ureasaktiviteten initialt (Oenema et al. 2008). Det är urinens ursprungliga pH-värde och buffrande effekt som avgör hastigheten med vilken ammoniak avges direkt efter urinen har utsöndras (Oenema et al. 2008). Ett lägre pH-värde i urinen påverkar jämvikten mellan NH_3 och NH_4^+ och ger en lägre hastighet med vilken ammoniak avgår till luften tills HCO_3^- ökar ureasaktiviteten igen då pH ökar (Oenema et al. 2008). Då ett högre pH i en ammoniaklösning innebär att jämvikten mellan NH_3 och NH_4^+ förskjuts åt vänster och mer NH_3 bildas (Vaddella et al. 2011), påverkar även gödselns pH hur mycket ammoniak som kan avges (Liu et al. 2007). Färsk fjäderfägödsel med ett pH-värde på 5,9 ökar under

sju månader till pH 7,9 vid aerob nedbrytning och över 75 % av totalt N förloras (Kirchmann & Witter 1992).



Figur 1. Vid hydrolysering av urea bildas ammonium och karbonat. Karbonatjonerna höjer pH, vilket gör att ammonium delvis omvandlas till ammoniak. Då ammoniak är en gas avgår denna till luften och lämnar ammonium och vätekarbonatjoner i ströbädden.

Flera andra faktorer kan påverka ammoniakemissionen. Överskott av protein och aminosyror i foder gör gödseln mer kväverik (Ritz et al. 2004; Oenema et al. 2008). När gödseln hamnar på golvytan i stallet kan N snabbt hydrolyseras till NH_4^+ som sedan avgår som NH_3 (Oenema et al. 2008). Ytor med gödsel har en hög ureasaktivitet och ett par timmar till dagar krävs generellt för hydrolys av urea till NH_3 och NH_4^+ (Oenema et al. 2008). Ammoniaken adsorberas sedan antingen av strömaterialiet eller löses i fukten i ströbädden för att sedan övergå till gasfas och avges till luften (Liu et al. 2007). Temperaturen i luften påverkar hur snabbt ammoniak diffunderar till luften (Liu et al. 2007). Nimmermark & Gustafsson (2005) såg i sin studie på värphöns i envåningssystem med pappersströ att emissionen och koncentrationen av ammoniak var positivt korrelerad till luftens temperatur. Även ströbäddens temperatur kan påverka bildandet av ammoniak (Liu et al. 2007), vilket Jeppsson (1999) såg i sin studie om ammoniakavgång från unga nötkreatur som hölls på djupströbäddar av olika material. Studien visade att lägre temperatur inne i djupströbädden relaterade till lägre emissioner av ammoniak.

Som tidigare nämnts spelar även fukt roll för emissionen av ammoniak, och färsk gödsel från kycklingar består av 70 – 80 % vatten (Oenema et al. 2008). Liu et al. (2007) undersökte fuktens påverkan på ammoniakbildning i olika kutterspånströbäddar använda av slaktkycklingar genom att succesivt tillsätta vatten till proverna och kontinuerligt mäta ammoniakkoncentrationen i ströbädden under två dagar. Under dessa två dagar sjönk koncentrationen av ammoniak i substratet och koncentrationen blev lägre när vattenhalten succesivt ökade (Liu et al. 2007). Dock gällde inte detta samband under en längre tidsperiod. När Liu et al. (2007) succesivt adderade vatten till ett femte ströbäddsprov och kontinuerligt mätte koncentrationen av ammoniak under 25 dagar ökade koncentrationen kraftigt från dag 5 trots att vattenhalten fortsatte att ökas, från 26,5 % dag 5 till 32,9 % dag 15. Mellan dessa dagar steg koncentrationen av NH_3 i substratet från knappt 60 ppm till 192,8 ppm. När vattenhalten i strömedlet översteg 35 % reducerades koncentrationen av ammoniak och författarna konstaterar att ammoniakkoncentrationen är känslig för vatteninnehållet i ströbädden (Liu et al. 2007). I stallmiljö resulterade en ökning av den relativa luftfuktigheten i luften i högre ammoniakemission och luftkoncentration av NH_3 (Nimmermark &

Gustafsson 2005). Ventilationsflödet hade ingen signifikant påverkan på emissionen, men korrelerade negativt till luftkoncentrationen av ammoniak inne i stallet (Nimmermark & Gustafsson 2005).

Även typ av inhysningssystem påverkar ammoniakemissionen med signifikanta skillnader i luftkoncentration av ammoniak mellan stallar med inredda burar, flervåningssystem och envåningssystem. Medelvärde för luftkoncentration av NH_3 under mätperioden (5–12 dagar) var 5, 32 och 85 ppm för respektive system (Nimmermark et al. 2009). Studier har visat att koncentrationen av ammoniak i luften påverkar hönsfåglars beteende. Exempelvis visade en studie av Kristensen et al. (2000) att hönor föredrog att ägna sig åt födosök, vila och fjäderputsning i utrymmen där luften hade låg ammoniakhalt (1,5 ppm), jämfört med utrymmen där luftkoncentrationen av ammoniak var 25 respektive 45 ppm.

2.2 Damm

Ammoniak sammankopplas också med damm (Ritz et al. 2004) då ammoniaken kan absorberas i dammpartiklarna (Nimmermark et al. 2009). Damm kan bestå av organiska och oorganiska delar (David et al. 2015). Det mesta av dammet i fjäderfästallar är organiskt damm (Nimmermark et al. 2009). Det organiska dammet härstammar från fåglarnas fjädrar och hud, foder, gödsel, ströbädden och diverse mikroorganismer medan det oorganiska dammet kommer från partiklar från byggmaterial, inredningen, jord eller kalcium från foder (David et al. 2015). Respirabelt damm är partiklar $< 12 \mu\text{m}$, det vill säga en så liten storlek att de kommer ner till alveolerna i mänskliga lungor (Jansson 2011). Ammoniaken i luften skadar cilierna i luftvägarna hos fåglarna vilket leder till att bakterier, som är en del av respirabelt damm, lättare når lungsäckar och lungor där de kan orsaka infektioner (Naseem & King 2018).

I en rapport från Arbetsmiljöverket (Jansson 2011) framförs att halterna av damm är högre i verksamheter med höns än i gris-, nöt- och hästhållning. David et al. (2015) sammanfattade i en artikel att nivåerna av totalt damm var generellt högre i frigående inhysningssystem jämfört med burar med lite eller inget strömaterial i. Mängden respirabelt damm var lägst för bursystem, högst för flervåningssystem medan envåningssystem låg där emellan (David et al. 2015). Nimmermark et al. (2009) gjorde en fältstudie där koncentrationen av damm mättes i mänsklig inandningshöjd (1,6–1,8 m) i tre flockar av varje inhysningssystem (envånings-, flervånings- och bursystem). Det totala dammets minimi- och maximivärden skiljde sig mellan inhysningssystem där envåningssystem hade högst dammkoncentration, 6,86–17,65 mg/m^3 (Nimmermark et al. 2009). För flervåningssystem och inredda burar var dammkoncentrationen 0,71–2,38 mg/m^3 respektive 2,05–2,48 mg/m^3

(Nimmermark et al. 2009). Som referensvärde får fjäderfän endast tillfälligt utsättas för organiskt damm överstigande 10 mg/m³ (SJVFS 2019:23). Studien av Nimmermark et al. (2009) fokuserade inte på strömedel och det framgick inte om det fanns en samvariationseffekt mellan strömedel och inhysningssystem. Strömaterialet som användes i flervånings- och envåningssystemen i studien kunde vara kutterspån samt blandningar av grus och kutterspån, sand och sågspån eller grus och halm (Nimmermark et al. 2009). Då studien baserades på fältförsök skiljde strömaterialet i fler- och envåningssystemen mellan flockar, liksom ventilationssystem och belägningsgrad och för de inredda burarna angavs inget strömateriale (Nimmermark et al. 2009). I ytterligare en studie där pappersströ användes i ett envåningssystem varierade den totala mängden damm mellan 0,99 – 4,46 mg/m³ (Nimmermark & Gustafsson 2005) och där sågs också att ventilationshastigheten inte hade någon påverkan på den totala dammkoncentrationen i stallet. Detta är inte förvånande då Jansson (2011) rapporterar att ventilationsflödet har större påverkan på små dammpartiklar och gaser än på de större partiklarna av damm, vilka utgör en större andel av det organiska dammet som finns i lantbruksmiljön. Däremot är ventilationsflödet viktigt för att hålla nere koncentrationen av ammoniak och koldioxid i stallmiljön (Nimmermark & Gustafsson 2005) och för att ventileras bort respirabelt damm (Jansson 2011).

2.3 Biokol

European Biochar Foundation (2022) definierar biokol som ett poröst materiale av kol som framställs av biomassa genom pyrolys och används som en kolsänka eller ersätter fossilt kol utan att eldas för energiframställning. International Biochar Initiative (u.å.b) definierar biokol som ett solitt materiale som erhålls när biomassa förkolnas termokemisk i en syrefattig miljö.

Biokolens fysikaliska egenskaper beror på flera faktorer, exempelvis vilket råmateriale som används vid tillverkningen och vid vilken temperatur biokolen producerats (Qian et al. 2015). Råmateriale med ursprung från trämateriale har ett högre innehåll av lignin och porer än råmateriale som bygger på gräs vilket ger biokol från trä en högre porositet (Qian et al. 2015). Resultatet från studien av Zhang & You (2013) visade att fördelningen av porer i biokolen är mycket lik det materiale som det är tillverkat av. De visade i sin studie att biokol gjord på pilträ hade knappt 300 % bättre vattenhållande förmåga och högre total porvolym än biokol med tall som råvara. Den totala porvolymen och vattenhållande förmåga (WHC) var positivt korrelerade med varandra (Zhang & You 2013).

Utöver högre WHC (Zhang & You 2013) leder högre pyrolystemperatur till större yta och ökad elektrisk konduktivitet (Qian et al. 2015). Med lägre pyrolystemperatur ökar biokolets förmåga att adsorbera NH_4^+ (Fidel et al. 2018). Fidel et al. (2018) konstaterade att adsorptionen av NH_4^+ ökade signifikant om biokol i kombination med lägre pyrolystemperatur också var i en lösning med pH-värde närmare 7. Studien testades inte lösningar med pH över 7,5 för att undvika att ammoniak avgick till luften. Det överensstämmer med Steiner et al. (2010) som menar att förlusterna av ammoniak till luften blir större när pH-värdet i ströbäddsmaterialet är över pH 7.

Biokol har flera användningsområden. Dels som kolsänka och jordförbättrare, dels till katalysatorer och bränsle till bränsleceller, dels för att rena förorenat vatten och jordar (Qian et al. 2015). Ytterligare användningsområden är som tillsats i byggmaterial, textilier, plast (European Biochar Foundation 2022) och i foder till fjäderfä (Kana et al. 2010; Willson et al. 2019). Som fodertillskott till slaktkyckling ökade levandevikten och viktökningen med en inblandning av 0,6 % biokol, medan högre inblandning resulterade i negativa effekter på foderkonsumtion, kroppsvikt vid slakt och viktökning (Kana et al. 2010). Willson et al. (2019) visade i sin studie att biokol även kan ha en reducerande effekt på patogener om det ges som tillskott i fodret till höns.

Flores et al. (2021) testade att addera biokol till ströbädden. Författarna använde 70 % årsgammal ströbädd och adderade 0, 5, 10 och 20 procent biokol samt resterande procent med hackat *Miscanthus* gräs i ströbädden för att se hur det påverkade kalkoners prestationer mellan 0 – 20 veckors ålder. Kalkoner som gick på ströbädd med 20 % biokol hade en signifikant högre kroppsvikt vid 20 veckors ålder än kontrollgruppen som saknade biokoltillsats. Ingen signifikant skillnad kunde ses mellan de andra grupperna och kontrollgruppen eller de som fick 20 % inblandning av biokol. Foderintaget var högre under den 20:e levnadsveckan för behandlingarna med 10 % respektive 20 % biokol (Flores et al. 2021), däremot kunde ingen skillnad ses i foderomvandlingsförmåga eller viktökningen mellan grupperna vid 20 veckors ålder. Inte heller sågs inblandningen av biokol orsaka några hälsoproblem hos kalkonerna, däremot kunde biokol ses i krävan då några individer avlivades vid 21 dagars ålder (Flores et al. 2021).

Gerlach & Schmidt (2012) rapporterade i en artikel om praktisk biokolanvändning i fjäderfäproduktion att inblandningen av biokol i ströbädden bör vara mellan 5-10 % beroende på strömaterial. Dock rapporterade Steiner et al. (2010) att vid en 20 % biokolinblandning i komposterad ströbädd reducerades ammoniakförlusten, vilket med största sannolikhet berodde på att NH_4^+ adsorberades av biokolet (Steiner et al. 2010). Komposterad ströbädd från kycklingstall med 20 % tillsatt

biokol hade signifikant lägre medelkoncentration av ammoniak jämfört med kontrollen utan inblandad biokol (Steiner et al. 2010). Komposten med 20 % biokol hade även ett lägre vatteninnehåll vilket tros bero på att biokolen bidrog till att ströbäddskomposten luftades bättre (Steiner et al. 2010). Flores et al. (2021) såg dock ingen effekt på ammoniakemission eller fukt i ströbäddar hos kalkoner med 5, 10 och 20 % inblandning biokol, däremot ökade adsorptionen av N i ströbädden med ökad inblandning av biokol vid 20 veckor jämfört med när ströet lades in. Inblandning av 20 % biokol i ströbädden resulterade också i färre koliforma bakterier än i kontrollströbädden utan biokol (Flores et al. 2021). När biokol blandades med ensilageströmateriål redan i ensileringsprocessen undveks problem med spridning av biokoldamm från hönan till ägget, detta då ensilaget band biokolet så väl att det inte fäste på hönornas fötter (Gerlach & Schmidt 2012).

Certifiering av biokol

Både European Biochar Foundation (2022) och International Biochar Initiative (u.å.a) har frivilliga standarder för certifiering av biokol. Då biokolen som används i detta arbete är EBC-certifierad kommer inte IBI-certifieringar nämnas ytterligare i uppsatsen. De EBC certifieringsklasser som finns just nu är EBC-Feed, EBC-AgroOrganic, EBC-Agro, EBC-Urban, EBC-ConsumerMaterials och EBC-BasicMaterials (European Biochar Foundation 2022). Dessa klasser är inte ett mått på vilket biokol som är bäst, utan snarare en indikation på vilket användningsområde de uppfyller kraven för, exempelvis avseende gränsvärden för innehåll av tungmetaller (ibid.). Klassificeringen av biokol enligt EBC innebär att biokolen ska uppfylla de krav som ställs för respektive certifieringsklass och användningsområde, och att redan klassificerad biokol får inte säljas eller märkas som en annan klass (ibid.). Däremot kan en omgång tillverkad biokol uppnå kraven för samtliga certifieringar och delas upp för att säljas som olika kategorier, men en förpackning får då endast märkas med en klass (European Biochar Foundation 2022). Av de sex svenska företag som har en certifiering av sitt biokol från European Biochar Certification tillhandahåller ingen certifieringsklassen EBC-Feed (*EBC Producer* 2022), vilken uppfyller EUs foderlagstiftning och därför kan ges som fodertillsats (European Biochar Foundation 2022). Biokol i certifieringsklasserna EBC-Agro samt EBC-AgroOrganic finns på den svenska marknaden och uppfyller lagstiftningen gällande gödningsprodukter och tillsatser och får därmed spridas på fält (European Biochar Foundation 2022) där biokolen slutligen skulle hamna om den används i ströbädden.

2.4 Torv

Torv är ett organiskt material som har lågt pH (Witter & Kirchmann 1989) och bildas under blöta förhållanden i syrefattig miljö där växtmaterial, oftast vitmossa,

endast delvis bryts ner (Schilstra 2001). Torvens förmåga att neutralisera baser avgör hur bra den binder ammoniak (Kemppainen 1987) medan torvens nedbrytningsgrad har mindre påverkan på förmågan att binda ammoniak (Tuorlia 1929 se Kemppainen 1987). Torv visade sig i en studie av Witter & Kirchmann (1989) kunna adsorbera totalt 23,4 mg N/g TS från ammoniak, medan mängden adsorberat kväve från ammonium var 11,5 mg N/g TS. Torv i kombination med hackad halm visade sig ge signifikant lägre medelhastighet för ammoniakemissionerna jämfört med endast hackad eller långstråig halm när ungtjurar hölls på djupströbädd (Jeppsson 1999). Djupströbädden med torvinblandning hade en lägre temperatur än djupströbäddar med antingen hackad eller långstråig halm (Jeppsson 1999). Då komposteringen gick långsamt i djupströbädden med inblandad torv var temperaturen inte lika hög i den som i ströbäddarna med andra material. Det, i kombination med torvens låga pH, gjorde att mindre ammoniak avgick eftersom lägre temperatur förskjuter jämvikten mellan NH_4^+ och NH_3 så mindre ammoniak bildas (Jeppsson 1999). Enligt en studie av Kemppainen (1987) hade torv en högre procentuell förmåga att binda ammoniak med avseende på torrsubstanshalt än sågspån, kutterspån och både hackad och långstråig halm av havre och korn. Sett till torvens vattenhalter adsorberade torven 0,4 procentenheter mer ammoniak vid 30 % TS än om TS-halten var 90 % (Kemppainen 1987). Torvströ verkar också upplevas som något positivt av hönsfåglar. Preferensstudier med kycklingar av värpras indikerade att kycklingarna föredrog att sandbada i torv och sand över att ströbada i hampa, halmpellets, halm och kutterspån (Skånberg et al. 2021).

Torv kan bland annat tas upp från täkter i hela bitar, så kallad blocktorv, men även genom att rivas upp eller fräsas bort från täkten vilket kallas frästortv (Nationalencyklopedin u.å.). I Sverige finns uppskattningsvis 64 000 km² områden med torv som är minst en halv meter tjocka (Statistikmyndigheten 2020). I en rapport från Sveriges Geologisk undersökning var den genomsnittliga tillväxten för vitmossetorv i uppländska torvmarker 1,05 mm per år (Schoning 2014) men torvtillväxten kan också vara betydligt mindre, 0,1 mm per år (Nationalencyklopedin u.å.). Arealen av torvtäkter som används estimerades 2015 till 155 km², inklusive lagring av torv och vägar till täkten (Statistikmyndigheten 2020). Energiutvinning, odling och stallströ är exempel på vad torv kan användas till (Naturvårdsverket 2016). Torv som används i stallar räknas som odlingstorv i SCB:s statistik (Statistikmyndigheten 2021). Brytningen av odlingstorv uppgick 2019 till knappt 1,6 miljoner m³ (Statistikmyndigheten 2020).

2.5 Halmpellets

Halmpellets av olika slag kan också användas som strömaterial till fjäderfän (Svenska Ägg u.å.b). I en studie av Fleming et al. (2008b) visade sig hel halmpellets efter undersökning av damm i en sluten kammare ha signifikant färre dammpartiklar än kutterspån men skiljde sig inte signifikant mot vetehalm. Pellets från vetehalm hade högst medelvärde för WHC när Fleming et al. (2008a) jämförde med hel vetehalm, kutterspån, hackad hampa, hackad linhalm och papper. Skillnaden i WHC mellan kutterspån och halmpelletsen var drygt 100 procentenheter, 316 % respektive 419 % av torrvikten (Fleming et al. 2008a). När vatteninnehåll mättes i ströbädd med pelleterad halm respektive kutterspån var det dock ingen signifikant skillnad mellan de två materialens vatteninnehåll (Kheravii et al. 2017) vilken låg på ungefär 30 %. Högre vatteninnehåll och större partiklar i strömaterialen var relaterat till ökad kakighet i ströbädden (Kheravii et al. 2017) vilket är motsatsen till den luckra ströbädd som eftersträvas. Den pelleterade halmen blev inte lika kakig som hackad halm och strimlat papper men var inte heller bättre än risskal och kutterspån (Kheravii et al. 2017).

Halmpellets, både hel och krossad, ska enligt *Easy AgriCare* (2022) effektivt adsorbera ammoniak. Fleming et al. (2008a) utvärderade medelkoncentrationen av ammoniak som avgick till luften i behållare fyllda med halmpellets, vetehalm, kutterspån, hackad hampa, hackad linhalm och papper blandat med hästgödsel i 14 dagar. Studien konstaterade att behållaren där gödsel blandats med halmpellets hade signifikant lägre luftkoncentration av ammoniak än behållare med andra strömedel (Fleming et al. 2008a). Däremot var medelkoncentrationen av lustgas (N_2O) som avgick till luften högre i halmpelletsen än för något annat material i studien av Fleming et al. (2008a). Det kan bero på att adsorberad NH_4^+ i halmpelletsen, i stället för att avgå som ammoniak, oxiderar till nitrit och sedan till nitrat av bakterier (nitrifikation) för att därefter genom mikrobiella processer omvandlas till lustgas (N_2O) (Fleming et al. 2008a). Det kan ha betydelse för klimatet då N_2O är en växthusgas (Fleming et al. 2008a).

Slaktkycklingar uppfödda med pelleterad halm som strömedel hade dag 35 varken bättre eller sämre viktökning, foderintag eller foderomvandlingsförmåga än de kycklingar som hade ströbädd med risskal, kutterspån, hackad halm eller strimlat papper (Kheravii et al. 2017). Däremot sågs i en preferensstudie med kycklingar av värpras att kycklingarna helst utförde födosöksbeteenden i kutterspån och hade signifikant lägre andel födosöksbeteenden i krossad halmpellets och torv (Skånberg et al. 2021). Studien kunde inte se några klara preferenser för krossad halmpellets för något beteende utan kycklingarna föredrog andra material för födosök, putsning, sandbad och vila (Skånberg et al. 2021). De olika strömaterialen som användes av Kheravii et al. (2017), pelleterad halm, risskal, kutterspån, hackad halm eller

strimlat papper, hade ingen påverkan på förekomsten av sårskador på kycklingarnas bröst. Ingen signifikant skillnad sågs heller mellan de olika materialen gällande incidens av sår på trampdynorna dag 35, men samma mätningar dag 24 och 29 visade signifikant lägre incidens av sår med den pelleterade halmen som strömaterial (Kheravii et al. 2017).

3. Material och metod

3.1 Litteraturgenomgång

Litteratursökningen har främst skett genom sökmotorerna Google Scholar samt Primo från biblioteket på SLU. Informationen är hämtad från vetenskapliga artiklar, böcker och statliga myndigheter utifrån sökord som ”biochar”, ”peat”, ”poultry”, ”ammonia” och ”litter”.

3.2 Intervjuer

Genom de nätverk projektgruppen förfogade över, samt med hjälp av branschorganisationen Svenska Ägg, togs via mejl och telefon initiala kontakter med ägg- och kycklingproducenter med erbjudande om att delta i en intervjustudie. Via Svenska Ägg gjordes ett utskick till deras medlemmar vilka bland annat är unghönsuppfödare och äggproducenter. Av dessa anmälde två äggproducenter sitt intresse att delta. Ytterligare en äggproducent och två kycklingproducenter rekryterades genom att projektgruppen hade kännedom om vilket strömaterial de använde.

Målet var att intervjua ägg- och kycklingproducenter med erfarenhet av att använda torv och/eller biokol som strömedel. Samtliga intervjuer skedde via telefon efter att skriftligt GDPR-godkännande givits av respondenterna. Intervjufrågorna, som berörde allmän information om besättning, hur strömaterialen användes och producenternas uppfattning om ammoniak- och dammhalter i stallarna, kan ses i sin helhet bilaga I. Intervjuerna var kvalitativa med låg grad av strukturering, vilket innebar att respondenten fick formulera egna svar på frågorna som ställdes istället för att välja mellan olika förberedda svarsalternativ (Patel & Davidson 2019). Enligt Patel & Davidson (2019) är syftet med kvalitativa intervjuer att fånga upp de intervjuades uppfattningar, i det här fallet angående deras praktiska erfarenhet av användning av torv och biokol som strömedel.

3.3 Inventering och val av produkter

Inventeringen av tillgängliga biokolprodukter i Sverige gjordes med hjälp av sökningar i sökmotorn Google, i EBC:s lista över certifierade biokolsföretag, via information i tidigare svenska studier som har använt biokol samt via projektgruppens kontakter. Inventeringen av torvprodukter skedde på liknande sätt med sökningar på Google, genom kontakter med svenska lantbrukare som projektgruppen visste hade använt torv, samt via Svensk Torvs lista över medlemmar. Med hjälp av referensgruppen valdes produkterna till studien. Referensgruppen bestod av ägg- och kycklingproducenter, unghösuppfödare, produktutvecklare från foderföretag, representanter från Svenska Ägg och avelsledet för kyckling. Totalt valdes tre produkter av biokol, två produkter av torv och en produkt krossad halmpellets ut för vidare utvärdering på laboratorium. Som kontroll till de valda produkterna användes kutterspån från företaget Yesbox (Skutskär, Sverige).

3.4 Utvärdering på laboratorium

Torrsubstanshalt (TS) på originalprov (obehandlat material med ursprunglig TS), pH, vattenhållande förmåga och förmåga att adsorbera ammoniak utvärderades på laboratoriet på Institutionen för husdjurens utfodring och vård (HUV), SLU, Uppsala. Kutterspån användes som kontroll medan tre biokolprodukter, två torvprodukter och en halmpellettsprodukt testades. Produkternas ursprungliga TS bestämdes genom att 1–2 g av varje prov torkades i 103°C i 16–18 h, varefter det torkade provet vägdes och TS beräknades utifrån provets vikt före och efter torkningen. Originalprovernans TS justerades därefter med torkning alternativt tillsats av vatten för att efterlikna den TS-halt produkterna i regel har vid ankomst till kund. Biokolen justerades till en TS-halt på 70 %, vilket rekommenderas av EBC för att undvika dammexplosioner vid transport och lagring (European Biochar Foundation 2022). Torv justerades till en TS-halt på 50 %, förutom vid dammanalysen där TS-halten även justerades till 40 % och 60 % eftersom torvens naturliga fukthalt kan variera. Den krossade halmpellettsens och kutterspånets TS justerades inte. En 5 % avvikelse från önskad TS accepterades. Formel för vattentillsats anges i ekvation 1 där W är materialets vikt i g, V_e är önskad vattenhalt i decimalform, V_f betecknar materialets ursprungliga vattenhalt i decimalform och TS_e önskad TS-halt i decimalform.

$$vattentillsats (g) = W * \frac{(V_e - V_f)}{TS_e} \quad (1)$$

pH och vattenhållande kapacitet

Materialens pH kan påverka ammoniakavgången från ströbädden. För pH-mätning användes en Metrohm 654 pH-meter (Metrohm AG, Herisau, Schweiz) utrustad med en Polilyte Lab-elektrod (Hamilton, Bonaduz, Schweiz) som hade ett mätspann pH 0–14. Vid analysen spädades 3 g prov med korrigerad TS med avjoniserat vatten, i förhållande 1:5 och 1:10, följt av pH-mätning 24 h senare. Proverna av Carbofex och Skånefrö maldes innan spädning och samtliga prover förvarades 24 h i kylskåp och blandades grundlig direkt innan pH-mätning. Då flera av materialen uppgavs ha hög absorptionsförmåga av vatten testades två förhållanden mellan prov och avjoniserat vatten då det initialt var osäkert om ett mätvärde kunde fås fram med endast spädningen 1:5.

WHC analyserades med två metoder för att se om WHC skiljde sig beroende på om provet filtrerades eller nedsänktes helt i vatten. De två metoderna utvärderades för att se om resultaten mellan de båda var likvärdiga då filtreringen var enklare att utföra. I metod 1 (WHC 1), se figur 2, filtrerades 50 ml avjoniserat vatten genom 10 g material biokol, torv respektive halm, eller genom 3 g spån i filterpapper, varje test utfördes 3 gånger med respektive produkt. Av volymiskäl användes endast 3 g spån. TS-halten i de olika produkterna hade vid den här analysen justerats för att efterlikna den TS-halt produkterna i regel har vid ankomst till kund (se beskrivning ovan). WHC 1 beräknades genom att volymen på vattnet som filtrerades genom trattens innehåll subtraherades med uppsamlat vatten och med korrigeringen att filterpapperet absorberade 2 ml vatten.

I metod 2 (WHC 2), se figur 3, placerades för respektive produkt 5 g biokol, torv, halmpellets eller spån med en TS-halt på 100 % i en vägd Indigestible Neutral Detergent Fiber-påse (INDF). INDF-påsarnas porstorlek var 38 µm och påsarna används normalt till smältbarhetsförsök i vommen på kor. Påse med prov nedsänktes i 300 ml avjoniserat vatten i en bägare täckt med parafilm i 24 h för att provet skulle hinna mättas. INDF-påse och prov vägdes efter 30 min och 24 h för att se om tiden påverkade resultatet. Inför varje vägning fick proven droppa av i 15 minuter. Efter vägningen vid 24 h torkades prov och påse i 103 °C i 16–18 h varefter de vägdes igen. Tre upprepningar gjordes för varje material. WHC 2 beräknades genom att vikten för blött material subtraherades med vikten för torrt material. Från det blöta materialets vikt subtraherades även ett genomsnittligt värde (n=3) på 0,8 g för den tomma blöta påsens vikt för att minska felkällorna.



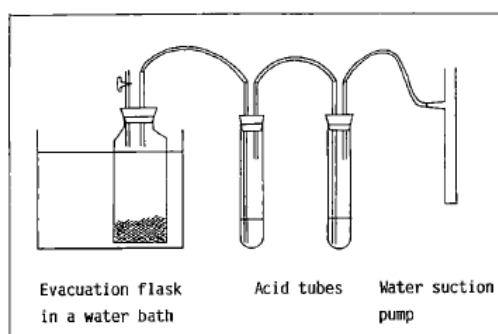
Figur 2. Metod 1 mätte strömaterialens vattenhållande förmåga med trattar och filterpapper (WHC 1).



Figur 3. Metod 2 mätte strömaterialens vattenhållande förmåga med INDF-påsar och bägare (WHC 2).

Ammoniakadsorption

Bestämning av ammoniakadsorptionen baserades på metoden i Kemppainen (1987) vilken bygger på att mäta hur mycket N som har avgetts. Invägda prov (5 g) med TS 70 % för biokol, 50 % för torv, 88 % för krossad halmpellets och 95 % för spån vägdes in i 500 ml flaskor med 75 ml lösning innehållande 319 mg NH_3 per liter. Flaskorna förslöts sedan med kork och inkuberades i rumstemperatur i 2 dygn. Därefter placerades flaskorna i ett 70–80° C vattenbad för att främja ammoniakavgång. Till varje flaska kopplades två glaströr innehållande 30 ml 1 normalitet H_2SO_4 som i sin tur kopplades till en vattensug som skapade undertryck, se figur 4. Flaskan vägdes vid start respektive 30, 90, 180 och 300 minuter. Vid varje vägning byttes glaströren ut mot nya, totalt 8 glaströr per prov. H_2SO_4 i glaströren fångade NH_3 som avgick från flaskan.



Figur 4. Schematisk bild (Kemppainen 1987) över delar av utrustningen som användes för att bestämma ammoniakadsorptionen hos tre produkter biokol, två produkter torv, en produkt krossad halmpellets och en produkt kutterspån.

Därefter destillerades innehållet i glaströren med 60 ml 35 % natriumhydroxid (NaOH) till 25 ml 1 % borsyra med en 2100 Kjeltex® System Distillation Unit, Foss, Denmark. NaOH reagerade med H_2SO_4 och NH_3 frigjordes för att sedan

fångas av borsyran. Sedan gjordes en baktitrering, det vill säga borsyran och NH_3 titrerades med 0,5 normalitet HCl för att avgöra hur mycket N som fanns i glasrören ursprungligen. Antalet mol HCl som användes vid titreringen motsvarar det antal mol N, och därmed mol NH_3 , som avgick från lösningen i flaskorna. Varje produkt utvärderades en gång. Som referens för totala mängden ammoniak som kunde avgå från 75 ml NH_3 -lösning utfördes också en blank körning, det vill säga hela laborationen genomfördes men med endast lösning i flaskan.

Kornfraktion och damm

Kornfraktionsfördelningen är en egenskap som ger indirekt information om flera andra egenskaper. Små partiklar innebär i allmänhet att materialet har en högre benägenhet att damma. Kornfraktionsfördelning skedde genom sällning av materialen och utfördes vid RISE (Uppsala, Sverige) med en vibrationssikt från Retsch (Haan, Germany), med siktar som hade en masktäthet på 7,1, 6,3, 5,0, 3,15, 2,0, 1,25 respektive 0,5 mm. I samma lokaler skedde även mätning av dammkoncentrationen, där 1 liter provmaterial med TS 90, 70 och 50 % för biokol, 60, 50 och 40 % för torv, 88 % för krossad halmpellets och 95 % för kutterspån tumlades i en cementblandare i 8 minuter. Då främst biokol och torv delvis kan justeras i TS-halt hos producent utefter kundens önskemål valdes ovanstående TS-halter för analys. Halmpellets och kutterspån analyserades endast för en TS-halt vardera då dessa material normalt används direkt med befintlig TS-halt.

Mätningarna upprepades två gånger per produkt och TS-halt. Cementblandaren var utrustad med ett lock för öppningen och i locket monterades dammätaren med en skruv. Till dammätningarna användes en personal DATARAM, model pDR-1000AN, ThermoFisher Scientific, Waltham, USA med kapacitet att registrera total dammkoncentration inom intervallet 0,001 - 400 mg/m^3 och ett mätvärde registrerades varje sekund. Av de ursprungliga 8 minuterna uteslöts första minuten för att undvika icke representativa värden när dammätaren startades, vilket skedde innan cementblandaren var igång. Även minuterna 5–8 uteslöts då materialen verkade sönderfalla i cementblandaren samt för att undvika icke representativa värden när dammätningen avslutades utanför cementblandaren. Data från minut 2–4 analyserades för varje upprepning, totalt 180 mätpunkter. Data från mätningarna summerades som medelvärde och standardavvikelse (SD) beräknades.

4. Resultat

4.1 Intervjuer

Av de fem svenska ägg- och kycklingproducenter som accepterade att delta i studien hade samtliga prövat att använda torv eller torv blandat med kutterspån i sina besättningar. Trots förfrågningar hittade vi ingen producent av vare sig ägg eller kyckling som använt sig av biokol i ströbädden, varför intervjuer rörande praktisk erfarenhet av biokol saknas i arbetet. Totalt intervjuades 4 ägg- och kycklingproducenter som använt sig av 100 % torv och en äggproducent som använt en blandning av torv och spån.

Flera skäl att tillsätta torv i ströbädden har uppgivits av de tillfrågade producenterna, exempelvis önskan om förbättrad djurvälstånd, fothälsa och hygien, men även i syfte att binda kväve i ströbädden. Mer långsiktiga mål har varit att förbättra mullhalterna på fälten när ströbädden slutligen sprids som gödsel. Ammoniakreducering nämndes som en önskvärd egenskap, men att utvärdera torvens egenskaper som strömaterial i stort har varit den vanligaste anledningen till dess användning. Tabell 1 visar några av förutsättningarna hos producenterna som intervjuades. Prisläget på strömaterial har också påverkat fortsatt användning av torv eller inte. Uppfattningen bland de intervjuade producenterna har varit att torven generellt har varit dyrare i inköp än spån. Även biokol uppfattades i dagsläget ha ett för högt pris för inblandning i ströbädden.

Användning och distribuering av torv

De två kycklingproducenterna lade in nytt material innan varje ny kycklingflock sattes in i stallet och tillförde därefter inget ytterligare strö. Ströbäddarna med torv var 5–10 mm höga vid insättning och båda producenterna hade kommit fram till att torv i rundbalar eller storbalar var lättast att hantera i verksamheten. De tre äggproducenterna C, G och J strödde med torven på samma sätt som med spån och tjockleken på deras ströbäddar varierade mellan 10 – 30 mm när de lade in materialet. Vid fortsatt distribuering av torv skiljde sig tillvägagångssätten. Äggproducent C lade på lite ny torv från säck varje vecka och anpassade mängd till efter vad hen tyckte var lagom för ströbädden. Äggproducenterna G och J lät

ströbädden vara för det mesta, men producent G kunde fylla på med torv vid behov alternativt byta ut ströbädden helt och lägga in en ny. Äggproducent J testade torv under 6–8 veckor men bytte tillbaka till spån när ströbädden med torv blev för dålig. Hen upplevde att de små partiklarna i torven band fukt och gödsel på ett negativt sätt även om torven också band ammoniak.

Tabell 1. Förutsättningar hos de intervjuade ägg- och kycklingproducenter med erfarenhet av torv som strömaterial

Producent	A	C	G	J	P
Verksamhet	Kyckling	Ägg Eko	Ägg	Ägg	Kyckling
Testat strömedel	Torv	Torv	Torv 60 % Spån 40 %	Torv	Torv
Nuvarande strömedel	Torv	Spån	Spån	Spån	Torv okt-apr, spån övrig tid
Inhysningssystem	Ströad golvyta	Envåningssystem	Flervåningssystem	Flervåningssystem	Ströad golvyta
Antal djur	93 000	1 600–1 900	15 000	320 000	280 000
Golvymta m ²	5080		900	6000	12 000
Längd testperiod ¹	32–33 d	4 m	2–3 m	6–8 v	35 d
Testtid	Året runt	Sep-Dec	Vinter	Feb-Mars	Okt-Apr
Utgödslingssystem	Allt ut maskinellt	Lagring i gödselkällare	Gödselmattor och skrapor	Gödselmattor och skrapor	Allt ut maskinellt
Utgödslingsintervall	Efter avslutad omgång	Ströbädden varannan månad	Mattorna 2 ggr/v. vinter, 1 ggr/v. sommar. Ströbädden varannan månad	Mattor och golvyta var tredje dag Ströbädden vid behov	Efter avslutad omgång
Ventilation	Undertryck	Undertryck	Undertryck	Undertryck	Undertryck
Upplevt ammoniakproblem före testperioden	Nej	Ja, periodvis på hösten	Ja, främst vinter, sep-maj	Ja, främst vinter	Ja, tidvis

¹d=dagar, v=veckor, m=månader

Storleksfraktioner i torven

Ingen av producenterna kunde ange några storleksfraktioner på torven de använde, därmed blev de vanligt förekommande beskrivningarna ”större” och ”mindre” partiklar subjektiva beroende på gårdsspecifika erfarenheter. Ströbädden i stallarna ska vara torr och lucker och inte kakig eller kladdig. Äggproducent J tyckte att torven fördelade sig så att större bitar blev liggande överst i ströbädden när de små partiklarna gav upphov till en kladdigare ströbädd tillsammans med fukt och gödsel. Fenomenet med att torvströbädden blev kladdig upplevdes även äggproducent C som tyckte att torven hade för små partiklar. Äggproducent G menade att det är grov torv som bör användas och förklarade det med att grov torv från de övre skikten av torvtäkten, där nedbrytningen inte har kommit lika långt, har en god uppsugningsförmåga. Kycklingproducent P påpekade också vikten av god

uppsugningsförmåga och använde själv torv med fina partiklar till sina kycklingar och var nöjd med det. Finare partiklar var det som fungerade bäst enligt kycklingproducent A, som tidigare hade testat flera olika produkter av torv och fraktioner innan hen hittade en torvprodukt med fina partiklar som hen blev nöjd med. Kycklingproducent A upplevde att de fina partiklarna kapslade in gödseln, torkade ur fukten och att fukten sedan kunde avges till luften och ventileras bort.

Damm och ammoniak

Alla tillfrågade producenter var överens om att torvströ dammar, huruvida det upplevdes som ett problem skiljde sig däremot mellan producenterna. Dammet var endast ett problem under ströbäddens första tid var äggproducent J:s upplevelse. Hos producent G (ägg) och A (kyckling) var damm inget problem vid dagligt arbete eftersom personalen då använde andningsmask. Dammet var besvärligt enbart vid insamling av kycklingar inför slakt enligt producent A då det var mer rörelse i ströbädden. Producent C (ägg) och P (kyckling) tyckte däremot att dammet var ett problem för den dagliga personalen, men det framgår inte om dessa använde andningsmask eller inte. Även i angränsande rum till kycklingstallet letade sig torvdammet in enligt kycklingproducent P. Äggproducent C tyckte att hönsen fick smutsigare fjäderdräkt, medan kycklingproducent A meddelade att hen inte hade hört något från slakteriets sida angående kycklingarnas utseende. Tiden på året verkade inte ha någon påverkan på uppfattningen av hur mycket damm det var i stallet, dock hade flera av producenterna inte använt torv i stallarna året om. Kycklingproducent P märkte heller ingen skillnad i damm mellan årstider men konstaterade att om torven brutits under blötare förhållanden var den blötare när den kom in i stallet.

Det var skillnad mellan producenterna gällande om de hade upplevt problem med ammoniak i sina besättningar innan de testade torv som strömedel, se tabell 1. Torv hade en positiv effekt på luftkvaliteten med avseende på ammoniak i stallarna upplevde äggproducent G, även äggproducent J hade liknande upplevelser, åtminstone innan ströbädden blev äldre. Däremot tyckte varken producent A (kyckling) och C (ägg) att torv gjorde någon skillnad i luftkvaliteten i stallarna och producent P (kyckling) tyckte inte att det gick att svara på utan att göra mätningar av ammoniakkoncentrationen.

Smutsiga ägg

Damm och annan smuts på äggen, så kallade smutsiga ägg, ger ett prisavdrag av äggpackeriet och innebär en ekonomisk förlust för producenten. Äggproducent G upplevde en ökad förekomst av smutsiga ägg när 60 % torv blandat med 40 % spån testades som strömedel i besättningen. För producent G innebar avdraget tidigare en minskad betalning från 85 öre per ägg till 10 öre per smutsigt ägg då det

dåvarande packeriet inte hade möjlighet att tvätta äggen. Vid tidpunkten för intervjun skickade producent G i stället sina ägg till ett packeri med möjlighet att tvätta äggen och hen ansåg att prisavdraget på 2–3 ören per ägg för tvätt inte skulle utgöra ett bekymmer ifall hen skulle testa torv igen. En ökning av smutsiga ägg sågs även av producent J, men först i slutet av testperioden när ströbädden började bli kletig. Till skillnad från de andra äggproducenterna märkte inte producent C någon skillnad i antal smutsiga ägg med torv som strömedel och mindes inte heller att packeriet skulle haft några anmärkningar.

Biosäkerhet och behandling av strömaterialet

Torven som köptes in av producenterna användes i befintligt skick, det vill säga ingen behandling av torven gjordes för att minska mängden patogener, varken biologiskt, kemikaliskt eller fysikaliskt. Risktänkandet kring att ta in och använda torv i besättningen med avseende på biosäkerheten har varierat mellan producenterna. Både producent J, G (ägg) och A (kyckling) såg samma risk för biosäkerheten vid användandet av spån som med torv. Kycklingproducent A uttryckte oro för att torven blir mer exponerad mot omgivande miljö, från skörd tills den förpackas, än kutterspån. Kycklingproducent A hade dock, precis som äggproducent J, förtroende för hur hanteringen av torven sker. Kycklingproducent P valde att använda blocktorv i stället för frästtorv och kommenterade att den borde ha lägre risk att bli kontaminerad av vilda fåglar. Endast äggproducent C uttryckte att torvens biosäkerhet inte var något som hade ifrågasatts innan den testades i besättningen. Däremot hade inte någon av de tillfrågade producenterna märkt någon skillnad med avseende på biosäkerhet mellan spån och torv i sina besättningar, exempelvis smitta och sjukdomar hos djuren.

Uppfattning om påverkan på fåglarna

Båda kycklingproducenterna upplevde att kycklingarna trivdes bättre med torv än med spån. I en besättning sandbadade kycklingarna mer i torven jämfört med i spånet, medan var kycklingarna mer aktiva i den andra besättningen. Uppfattningen hos äggproducenterna var inte lika positiv. Hönsen verkade föredra spån hos producent C som tyckte att torven fungerade sämre som material till ströbad. Producent J och G märkte ingen skillnad i hönornas beteende, möjligen för att hönorna var intresserade av det nya materialet. På frågan om kycklingproducenterna hade sett någon skillnad i fysisk hälsa hos kycklingarna svarade producent A att mortaliteten till följd av *Escherichia coli* var lägre och producent P tyckte hen hade en förbättrad fothälsa hos sina kycklingar när torv användes som strömedel. Producenterna C, G och J märkte däremot ingen skillnad i djurhälsan i sina värphönsbesättningar under testperioden.

4.2 Inventering av produkter

Då det inte fanns någon svensk biokolprodukt godkänd att användas som tillskott i djurfoder fick den ursprungliga intentionen att endast undersöka svenska produkter frångås. Två produkter av biokol, Carbofex (Tammerfors, Finland) och Oplandske Energi (Biri, Norge), valdes ut baserat på att de båda hade EBC-Feed certifiering, vilket innebär att de är godkända att användas som tillskott i djurfoder. Ett tredje biokol från Skånefrö (Tommarp, Sverige) utvärderades också trots att den inte var certifierad som EBC-Feed. Anledningarna till detta beslut var att den pelletsformade strukturen var intressant att undersöka, samt att Skånefrö avser certifiera sitt biokol som EBC-Feed inom kort. Medvetet valdes biokol med olika struktur för att se om det hade någon effekt på de parametrar som undersöktes i projektet. Biokolet Carbofex bestod av större bitar likt träflis medan biokolet Oplandske bestod av mindre bitar, näst intill malt, se tabell 2 och figur 6. Analyserna för de utvalda biokolen kan ses i tabell 2 och analyser för övriga, ej utvärderade biokol, i tabell 3.

Tabell 2. Analyser för de biokol som valdes ut för utvärdering i projektet. Samtliga analyser var utförda av Eurofins och tillgängliga via respektive företag

	Skånefrö ¹	Oplandske Bioenergi ²	Carbofex ³
Certifierad	Ja	Ja	Ja
Certifieringsklass EBC	Agro/AgroOrganic	Feed	Feed
kr/l	4,92	3,16–3,48	
Kolinnehåll (%) TS Totalt	67,6	94,5	91,8
H/Corg ⁴	0,39	0,09	0,19
Total N (%) TS	2,65	0,445	0,55
K (%) TS	2,5–2,7	0,4	0,14
Ca (%) TS	1,1	0,8	0,73
Mg (%) TS	0,5	<0,1	0,09
P (%) TS	1,1	<0,1	0,04
PAH ⁵ mg/kg TS	4,7	5,5	2,9
pH (CaCl ₂) ⁶	10,1	9,7	8,5
WHC ⁷ (%) TS	190		199,9
Vatteninnehåll (%)	24,6–40	0,6	18,1
Specifik yta ⁸ (m ² /g) TS	91,11	412,92	414,98
Pyrolystemperatur	800		600
Storlek (mm)	Pellets, 7–15 x 4–5	0–2	0–20
Råmaterial	Spannmålsrens	Skogsrester, gran	Gran

¹(Skånefrö 2022) ²(Oplandske Bioenergi u.å.) ³(Carbofex u.å.) ⁴kvot väte/organiskt kol anger grad av förkolning ⁵polycykliska aromatiska kolväten ⁶pH erhållen ur CaCl₂-lösning ⁷vattenhållande förmåga ⁸ett mått på biokolpartiklarnas fysiska ytstruktur

Fraktionsstorleken på torven var relevant att undersöka i studien då producenterna upplevde att olika partikelstorlekar hade mer eller mindre fördelaktiga egenskaper som strömedel. Informationen om de olika torvprodukter och vad som skiljer dem åt är tyvärr begränsad. På torvproducenternas hemsidor anges ibland en mindre mängd information, tex pH-värden, TS-halter och vilket organiskt material torven till största del består av. Det är dock vanligt att information om pH-värde och TS-halt saknas, och uppgifter om storleksfraktioner, geografiskt ursprung i Sverige och andra egenskaper uppges sällan. Vanligen framgår det inte heller ifall någon behandling i syfte att minska risken för kvarvarande patogener har utförts på den skördade torven, exempelvis upphettning, alternativt kemisk eller biologisk behandling. Det har därför varit svårt att göra en informerad bedömning om vilken torvprodukt som hade varit mest lämpad att använda i fjäderfästallar.

Tabell 3. Analyser för övriga biokol som ingick i inventeringen av biokol men som ej utvärderas vidare i projektet. Samtliga analyser var utförda av Eurofins och tillgängliga via respektive företag

	Biokol 1	Biokol 2	Biokol 3	Biokol 4
Certifierad	Ja	Nej	Ja	Ja
Kvalitetsgrad EBC	Agro		Agro Organic	Basic Material
kr/l		4,5		
Kolinnehåll (%) TS Totalt	84,6	79	89,2	95
H/Corg ¹	0,17		0,11	0,1
Total N (%) TS	0,83	0,85	0,24	0,17
K (%) TS	1	0,88	0,98	0,2
Ca (%) TS	2,6	1,9	1,65	0,4
Mg (%) TS	0,3	0,27	0,19	<0,1
P (%) TS	0,2	0,08	0,09	0,2
PAH ² mg/kg TS	0,72?		4,4	12,4
pH (CaCl ₂) ³	9,6	8,8	9	8,2
WHC ⁴ (%) TS	206,8		217,4	68
Vatteninnehåll (%)	67,6	21,9	56,2	1,2
Specifik yta ⁵ (m ² /g) TS	345,15		289,11	354,47
Pyrolystemperatur	680–750	850		600
Storlek (mm)		0–3		Pellets
Material	Skogsrester, barr- och lövträd	Björk	Träflis	Gran/tall

¹kvot väte/organiskt kol anger grad av förkolning ²polycykliska aromatiska kolväten ³pH erhållen ur CaCl₂-lösning ⁴vattenhållande förmåga ⁵ett mått på biokolpartiklarnas fysiska ytstruktur

I samråd med projektets referensgrupp valdes därför två svenska torvprodukter, RS Mustang (Enköping, Sverige) och Swedfore AB (Stockaryd, Sverige) ut baserat på den information som framkom under inventeringen och de praktiska erfarenheterna som inhämtades genom intervjuer med ägg- och kycklingproducenter. Torven från RS Mustang valdes ut dels för att producenterna hade både positiva och negativa

erfarenheterna av produkten, dels för att den går att köpa i handeln. Ingen torv fungerade tillfredsställande enligt äggproducenterna, de kunde heller inte peka ut vilken exakt torvprodukt de hade använt. Torv från Swedfore valdes också ut för laboratorieanalys då en kycklingproducent varit riktigt nöjd med produkten efter att ha prövat flera andra torvfabrikat. Det sjätte materialet som valdes ut för testning var en krossad halmpellet, bestående av 85 % vetehalm och 15 % övriga halmsorter (Easy-way, Easy AgriCare, Danmark). Den krossade pelleten verkar vara ett lovande strömaterial utifrån referensgruppens egna erfarenheter, med enda förbehållet att det är en något dyrare produkt. Pelleten beskrivs ha hög vattenhållande kapacitet, effektiv ammoniakadsorption, låg tendens att damma samt är värmebehandlad vilket minskar risken att föra in patogener i besättningen (Easy AgriCare 2022).

4.3 Utvärdering på laboratorium

Värden för pH

Produkternas pH-värden anges i tabell 4. Utifrån pH-värden för materialen kan det konstateras att det är en liten skillnad mellan pH mätt i förhållandet 1:5 och 1:10 material och avjoniserat vatten. De olika biokolprodukterna uppvisar alla höga pH-värden, det motsatta gäller torvprodukterna som har låga pH-värden. Torvprodukternas pH-värde var något lägre än kontrollprodukten kutterspån medan den krossade halmpelletsen var endast svagt alkalisk.

Tabell 4. Produkternas ursprungliga TS-halt, uppmätt pH i spädning med förhållandet 1:5 och 1:10 delar material och avjoniserat vatten

	Ursprunglig TS-halt %	pH (H ₂ O) 1:5	pH (H ₂ O) 1:10
Skånefrö ¹	73	10,1	10,1
Carbofex ¹	82	9,9	9,7
Oplandske ¹	97	10,1	10,1
RS Mustang ²	47	Ej värde	3,9
Swedfore ²	54	4	4
Easy-Way ³	89	7,6	7,8
YesBox ⁴	94	4,4	4,8

¹Biokol ²Torv ³Krossad halmpellets ⁴Spån

Viktigt att notera är att pH-värdena i tabell 4 har erhållits genom mätning i avjoniserat vatten och pH-värdena i tabell 2 är genom mätning i CaCl₂-lösning vilket gör att de inte är direkt jämförbara med varandra. Vanligen är pH mätt i CaCl₂-lösning en enhet lägre än pH mätt i vatten beroende på att CaCl₂ lösgör mer vätejoner (Fransson et. al 2020). Denna skillnad var inte tydlig i jämförelse mellan tabell 2 och 4.

Vattenhållande förmåga

Resultatet från WHC 1, där den vattenhållande förmågan testades genom att filtrera vatten genom produkterna, visar att torvprodukterna hade lägst vattenhållande kapacitet, följt av halmpelletsen, se tabell 5. Spån hade för denna analys högst vattenhållande kapacitet, 324 % per g TS, vilket var mycket högre än alla andra material. Biokolen Carbofex och Skånefrö hade liknande vattenhållande kapacitet, 175 % respektive 180 % per g TS, medan Oplandske låg drygt 100 procentenheter högre.

Den vattenhållande förmågan som erhöles med nedsänkning i bägare (WHC 2) under 24 h visar att den vattenhållande förmågan för de flesta materialen var större när materialet fick möjlighet att under längre tid än 30 minuter absorbera vatten. Endast kutterspånet YesBox (kontroll) och biokolet Skånefrö har ungefär samma medelvärde för WHC 2 vid 30 min och 24 h. Högst vattenhållande förmåga hade den krossade halmpelleten Easy-Way, i medeltal 547 % per g TS vid 24 h, medan biokolet Skånefrö hade lägst värden med 242 % per g TS i medel. Det var en liten skillnad i WHC oavsett metod för Oplandske och Carbofex. Mellan torvprodukterna var det en liten skillnad i WHC 2 för 30 min, men vid 24 h sågs en skillnad på knappt 100 procentenheter.

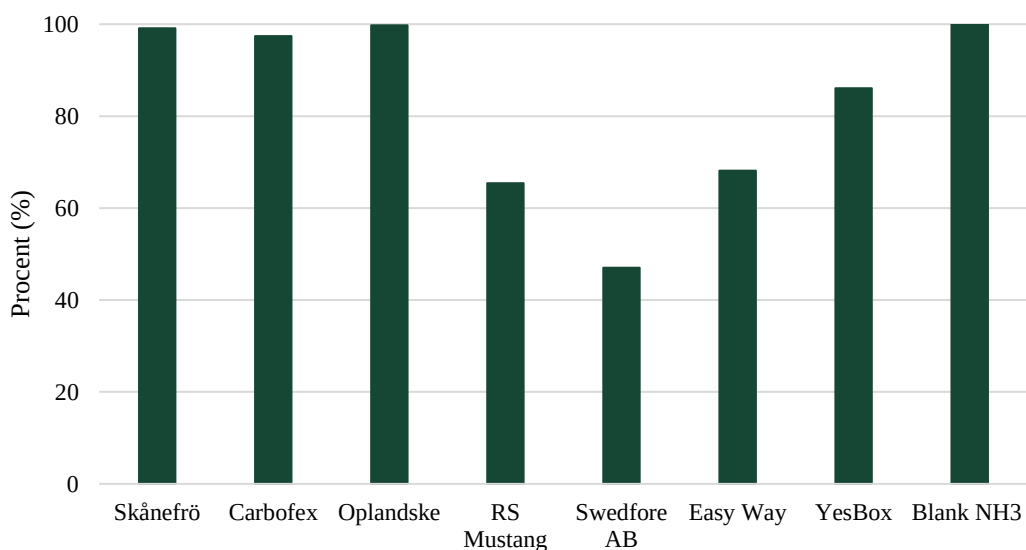
Tabell 5. Medel och standardavvikelse för produkternas vattenhållande förmåga mätt genom filtrering i trattar (WHC 1) och genom nedsänkning i avjoniserat vatten (WHC 2)

	WHC 1 (% av TS)	WHC 2 (% av TS)	
	Medel n=3	Medel 30 min n=3	Medel 24 h n=3
Skånefrö ¹	180 ± 18	230 ± 28	242 ± 2
Carbofex ¹	175 ± 7	266 ± 31	368 ± 19
Oplandske ¹	280 ± 9	267 ± 10	371 ± 40
RS Mustang ²	137 ± 19	65 ± 47	424 ± 64
Swedfore ²	91 ± 16	53 ± 8	330 ± 58
Easy-Way ³	165 ± 9	454 ± 42	547 ± 30
YesBox ⁴	324 ± 20	365 ± 75	353 ± 123

¹Biokol ²Torv ³Krossad halmpellets ⁴Spån

Ammoniak

Hur stor andel av ammoniaken i lösningen som har förlorats jämfört med ett blankt prov (bara NH₃-lösning, inget substrat) visas i figur 5.

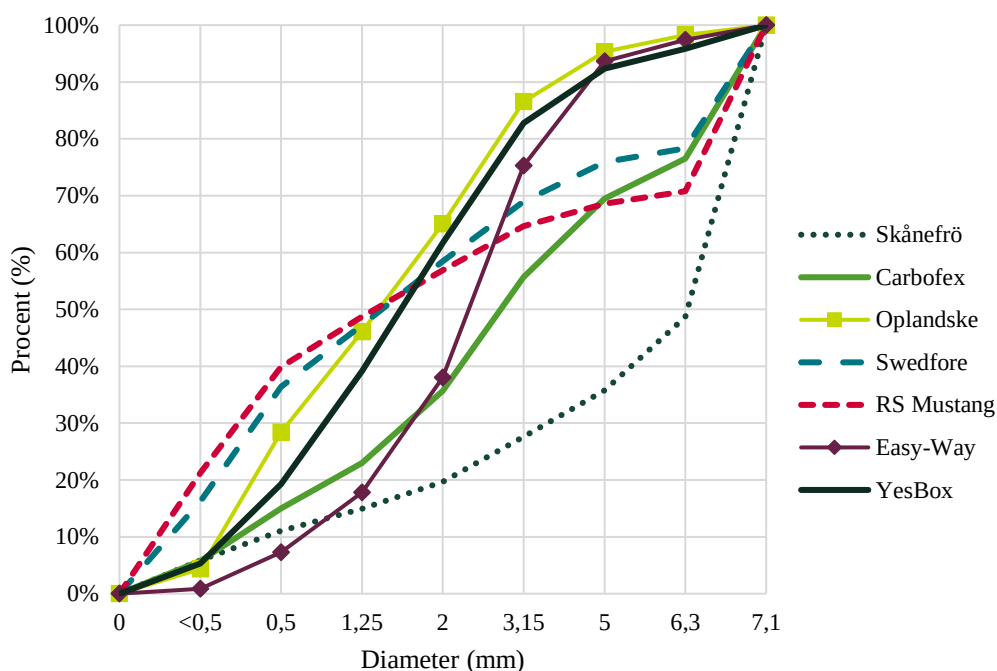


Figur 5. Olika ströprodukters förlust av NH₃ i lösning med koncentration 0,32 g/l relativt prov utan substrat (blank NH₃) hos tre produkterbiokol (Skånefrö, Carbofex och Oplandske), två produkter torv (Swedfore och RS Mustang), en produkt krossad halmpellets (Easy-Way) och en produkt kutter-spån (YesBox).

Det blanka provet utgör 100 % av vad som avgick från en NH₃-lösning med koncentration 0,32 g NH₃/l. Samtliga biokolprodukter adsorberade mycket lite NH₃ och skilde sig knappt från det blanka provet. Störst förmåga att adsorbera ammoniak hade torven från Swedfore följt av torven RS Mustang och den krossade halmpelleten Easy-Way.

Kornfraktioner

Skillnader i de tre biokolprodukternas utförande var en anledning till att de valdes ut till arbetet, vilket syns tydligt i figur 6. Skånefrö var den produkt som hade störst andel större bitar, 50 % av materialet var större än 6,3 mm. Detta kan jämföras med Carbofex och Oplandske där drygt 25 % respektive knappt 2 % av materialet hade partikelstorlek över 6,3 mm. För den minsta fraktionen, med partikelstorlek mindre än 0,5 mm, var biokolen i princip likvärdiga. I de intermediära fraktionerna hade Oplandske en större andel i de mindre fraktionerna följt av Carbofex och Skånefrö. Spånprodukten YesBox var fördelade sig storleksmässigt på likande sätt som biokolet Oplandske.



Figur 6. Fördelning av fraktionsstorlekar efter sållning av tre produkter biokol (Skånefrö, Carbofex och Oplandske), två produkter torv (Swedfore och RS Mustang), en produkt krossad halmpellets (Easy-Way) och en produkt kutterspån (YesBox).

Fraktionskurvorna för de båda torvprodukterna följs till stor del åt (figur 6). Torvprodukten Swedfore hade en något lägre andel större bitar över 6,3 mm jämfört med RS Mustang och därmed en jämnare storleksfördelning. RS Mustang hade i stället en jämförelsevis större andel både av de största och minsta fraktionerna. Kutterspånnet YesBox hade liknande andel material mindre än 1,25 mm som torvprodukterna, ungefär 50 %. Dock kan det konstateras att andelen material i den minsta spånfraktionen, under 0,5 mm, var det betydligt lägre för spån än för torv. Den krossade halmpelletsen Easy-Way var det material med minst andel mycket små partiklar.

Damm

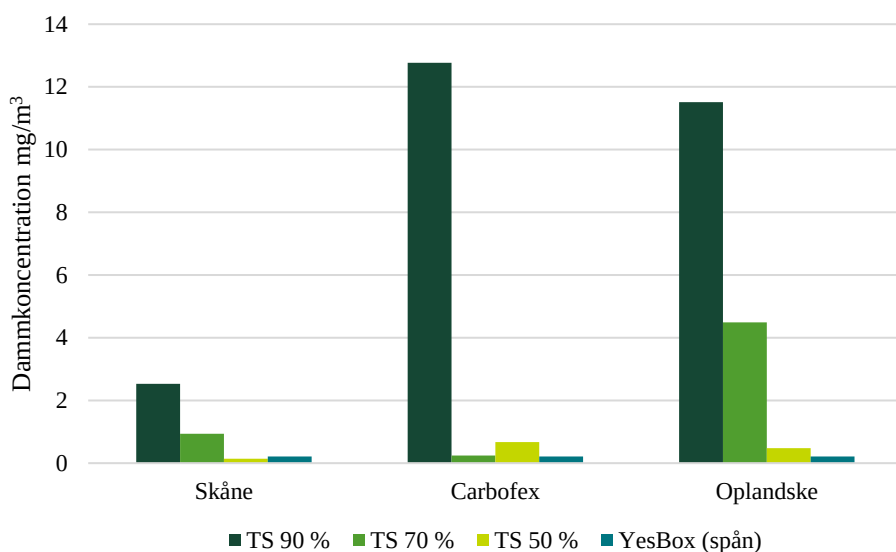
Medelvärde och standardavvikelsen av dammkoncentration kan ses i tabell 6 för alla de kombinationer av material och TS-halter som utvärderades. Resultaten illustreras ytterligare i figur 7 och 8.

Tabell 6. Registrerad dammkoncentration i cementblandaren för olika strömaterial vid olika torrsubstanshalter. Dammkoncentration registrerades varje sekund i 3 minuter. I tabell anges medelvärde ($n=180$) och standardavvikelse (SD) för två prover av varje material

		Prov 1	Prov 2
	TS %	Dammkoncentration (mg/m^3) $\pm$ SD	Dammkoncentration (mg/m^3) $\pm$ SD
Skånefrö ¹	90	2,53 $\pm$ 1,56	2,54 $\pm$ 1,43
Skånefrö ¹	70	1,36 $\pm$ 0,17	0,51 $\pm$ 0,08
Skånefrö ¹	50	0,13 $\pm$ 0,04	0,15 $\pm$ 0,05
Carbofex ¹	90	10,05 $\pm$ 3,61	15,48 $\pm$ 6,19
Carbofex ¹	70	0,23 $\pm$ 0,19	0,25 $\pm$ 0,15
Carbofex ¹	50	0,64 $\pm$ 0,27	0,72 $\pm$ 0,26
Oplandske ¹	90	6,33 $\pm$ 2,82	16,70 $\pm$ 3,18
Oplandske ¹	70	7,93 $\pm$ 1,32	1,04 $\pm$ 0,20
Oplandske ¹	50	0,54 $\pm$ 0,19	0,41 $\pm$ 0,10
RS Mustang ²	60	0,31 $\pm$ 0,25	0,60 $\pm$ 0,36
RS Mustang ²	50	0,21 $\pm$ 0,11	0,10 $\pm$ 0,06
RS Mustang ²	40	0,06 $\pm$ 0,04	0,05 $\pm$ 0,02
Swedfore ²	60	1,12 $\pm$ 0,33	0,72 $\pm$ 0,33
Swedfore ²	50	0,15 $\pm$ 0,15	0,08 $\pm$ 0,05
Swedfore ²	40	0,07 $\pm$ 0,04	0,08 $\pm$ 0,06
Easy-Way ³	88	1,86 $\pm$ 1,10	2,51 $\pm$ 0,56
YesBox ⁴	95	0,21 $\pm$ 0,16	

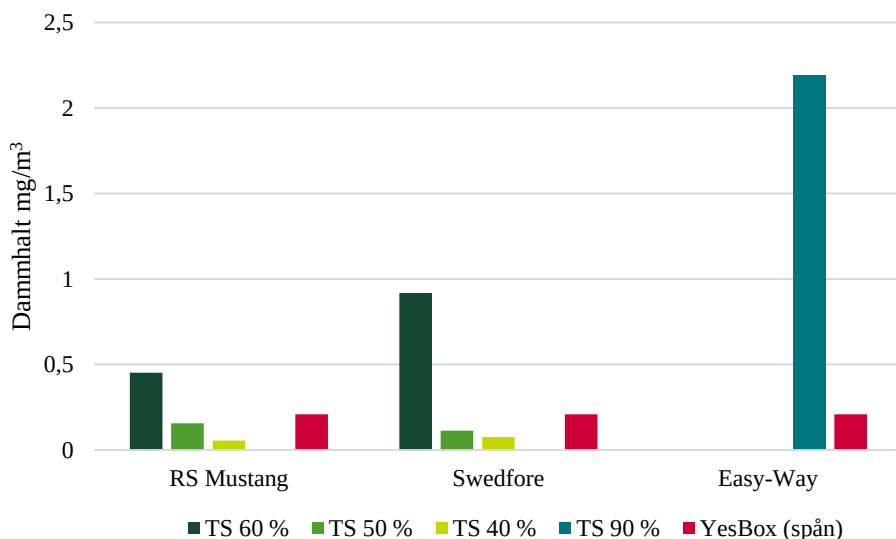
¹Biokol ²Torv ³Krossad halmpellets ⁴Spån

Resultaten visar högre koncentrationer av damm när biokolen har en TS-halt på 90 %, oavsett produkt. Utifrån analys av mätperioden av damm för alla biokolprodukterna tenderade dammkoncentrationen i cementblandaren att inte stabilisera sig på en jämn nivå utan dammkoncentrationen ökade under hela mätperioden, främst vid TS 90 %. Biokolet från Skånefrö med 90 % TS har dock ett betydligt lägre medelvärde, jämfört med motsvarande TS-halt för de övriga biokolen Carbofex och Oplandske. För samtliga biokol var dammkoncentrationer lägre vid TS 70 % jämfört med 90 %, med mycket låga koncentrationer vid TS 50 %. Emellertid hade kontrollmaterialet kutterspån YesBox, trots en TS-halt på 95 %, lägst medelvärde för damm, undantaget biokolet Skånefrö vid 50 % TS.



Figur 7. Dammkoncentration för olika torrsustanshalter (TS) av biokolprodukterna Skånefrö, Carbofex och Oplandske samt kuttersspånet YesBox med 95 % TS. Varje stapel är medelvärde av två analyserade prov. Varje prov inkluderade 180 mätpunkter.

Samma tendenser ses även hos torvprodukterna. Dammkoncentrationen var högst vid 60 % och sjönk med ökande vatteninnehåll i materialet. För den krossade halmpelletsen testades endast den TS-halt pelleten har då den anländer till kund. Produkten dammade relativt mycket i jämförelse med båda torvprodukterna och kuttersspånet, se figur 8.



Figur 8. Dammkoncentration för olika torrsustanshalter (TS) av torvprodukterna Swedfore och RS Mustang samt krossad halmpellets (Easy-Way) med 88 % TS och kuttersspån (YesBox) med 95 % TS. Varje stapel är medelvärde av två analyserade prov. Varje prov inkluderade 180 mätpunkter.

5. Diskussion

Syftet med projektet var att utvärdera olika produkter av torv och biokol gällande egenskaper som har betydelse för deras lämplighet som strömmaterial i fjäderfästallar och krossad halmpellets inkluderades i laboratorieanalyserna. Kutterspån användes som kontroll. De analyser som genomförts har visat på deskriptiva skillnader mellan de testade typerna av strömmaterial och även mellan olika biokol- respektive torvprodukter.

Metodval

Intervjustudien bestod av fem respondenter, två kycklingproducenter och tre äggproducenter och dessa fick fritt svara på de öppna intervjufrågor som ställdes. Låg strukturering av intervjuerna föredrogs för att i så stor utsträckning som möjligt fånga respondenternas egna uppfattningar och erfarenheter om användning av torv samt för att kunna ställa följdfrågor. Den subjektiva bedömningen som görs påverkar graden av jämförelse som kan göras mellan respondenterna vilket bör tas hänsyn till när resultatet tolkas. Vilka respondenter som kan också påverka resultatet då dessa inte valdes ut slumpmässigt utan tillfrågades utifrån projektgruppens nätverk. De respondenter som kontaktade Svenska Ägg efter organisationens utskick och ville bidra till studien kan ha varit särskilt intresserade av frågeställningen. Därmed finns en risk att respondenterna inte var representativa för alla lantbrukare som har använt torv i ströbädden till fjäderfän. Orsaken till att ingen respondent hittades som hade erfarenhet av biokol i ströbädden hos fjäderfän är inte känd.

Inventeringen av biokol och torv har främst utgått ifrån sökningar genom Google samt listade företag anslutna till certifieringsorgan och organisationer rörande torv och biokol. Det finns inget sätt att säkerställa att alla tillgängliga produkter av biokol och torv kunnat identifieras i studien, varvid det kan finnas likvärdiga eller bättre produkter som inte utvärderades. I inventeringen framkom även att den tillgängliga informationen om de olika torvprodukternas egenskaper är bristfällig, sannolikt eftersom det inte ställs samma krav på certifiering på torv som för biokol. Valet av torvprodukter styrdes därför mer av de produkter som projektgruppen och en av respondenterna hade erfarenhet av, vilket inte nödvändigtvis innebär att de valda produkterna är de som är mest lämpliga som strömedel för fjäderfän. I fallet

med de olika biokolprodukterna fanns i många fall analyser tillgängliga direkt eller efter förfrågan vilket gjorde en initial jämförelse mellan produkterna enklare. Anledningen till den mer omfattande dokumentationen är att EBC kräver att all biokol analyseras och klassificeras enligt de gränsvärden som finns för respektive certifieringsklass (European Biochar Foundation 2022).

Metod för att fastställa WHC 1 med filtrering i trattar upplevdes initialt inte fungera tillfredsställande för någon av torvprodukterna. När vatten adderades till materialen observerades att delar av torven flöt ovanpå vattnet och tycktes inte absorbera vätskan. Detta stämmer delvis överens med uppfattningen hos en kycklingproducent som ansåg att torven kapslade in den fuktigare gödseln genom att lägga sig runt och dra ur vätskan. Trots den initiala observationen att torven verkade stöta bort vatten visar resultaten för WHC 1 och WHC 2 att torven absorberat mer vätska efter 30 minuter när den filtrerades än efter 30 minuter nedsänkt i vatten. Detta skulle kunna bero på att torven var lösare packad i tratten än i INDF-påsen som användes för WHC 2. Utifrån resultaten framgår det att materialen behöver tid på sig att absorbera vatten till sin fulla kapacitet. Därför bedöms att WHC 2 24 h är den mest lämpliga av de tre prövade metoderna för att bestämma strömedlens vattenhållande förmåga. I WHC 2 användes INDF-påsarna som normalt tillämpas vid smältbarhetsförsök i våmmen på kor. Dessa fungerade tillfredsställande men om metoden ska användas i framtida studier bör påsarna och materialet få droppa av under längre tid än de 15 minuter som gjordes i denna studie. Förslaget baseras på att det i vissa fall fanns kvar vatten på vågen efter vägning, vilket ökar risken för felmätningar som överskattar produkternas vattenhållande förmåga.

Då arbetet inkluderade flera olika analyser, varav vissa mer tidskrävande än andra, kunde inte alla analyser genomföras med upprepning. Uppprepningar skulle ökat resultatens tillförlitlighet men detta fick vägas mot fördelen av att till exempel utvärdera alla produkters ammoniakadsorptionsförmåga snarare än en produkt av torv respektive biokol. Ytterligare en felkälla som kan ha påverkat resultaten är hur representativa proverna som analyserades var. För att minska risken för icke representativa prover, avseende exempelvis provets kornfraktionsfördelning, gjordes en grundlig omrörning av de olika substraten innan ett prov togs ut. En felkälla är även att de produktsäckar som skickades från företagen och användes i studien inte är representativa för producentens material.

Vattenhållande förmåga

Biokolprodukterna Carbofex och Oplandske var likvärdiga i sin vattenhållande förmåga medan Skånefrö hade en lägre för WHC 2 efter 24 h. Skillnaderna kan troligen förklaras av de olika biokolens ursprungsmaterial, då en korrelation mellan den totala volymen av porer och vattenhållande förmåga har visats i tidigare studier

(Zhang & You 2013). Det är känt att biokol av träråvara resulterar i högre porositet än biokol av gräsliknande material (Qian et al. 2015) och gran är råmaterial till Carbofex och Oplandske medan spannmålsrens användes som råvara i Skånefrös biokol. I tabell 2 och 3 framgår att den vattenhållande förmågan även varierar mellan biokol som framställs av träråvara, vilket överensstämmer med Zhang & You (2013) som också observerade skillnad i WHC för biokol baserade på olika trämaterial. Zhang & You (2013) såg också ett samband mellan hög pyrolystemperatur och hög vattenhållande förmåga, vilket dock inte bekräftades av resultaten i denna studie. Biokolet från Skånefrö, som tillverkats med en högre pyrolystemperatur, hade lägre vattenhållande förmåga än Carbofex som tillverkas vid lägre pyrolystemperatur. Även biokolens kornfraktionsfördelning kan inverka på dess vattenhållande förmåga. Biokolprodukternas fördelning i fraktionsdiagrammet visar att Oplandske hade större andel små partiklar än de andra biokolen och absorberade vatten snabbare vid filtrering än de andra biokolen med högre andel större partiklar.

Kutterspån är det vanligaste strömaterialet till fjäderfän (Svenska Ägg u.å.b). Alla intervjuade äggproducenter föredrog kutterspån över torv av flera anledningar, exempelvis luckrare ströbädd, ljusare färg på strömaterialet och billigare pris vid inköp. Kutterspån hade en intermediär vattenhållande förmåga efter varit blötlagd i 24 h jämfört med de andra materialen medan den krossade halmpelleten Easy-Way hade den högsta vattenhållande förmågan av alla produkter (se Fleming et al. 2008a för ytterligare jämförelser mellan kutterspån och halmpelleten vid hästhållning). Däremot var kutterspån det material som absorberade vatten snabbast vid filtrering i WHC 1. Torven från RS Mustang hade högre vattenhållande förmåga än både kutterspån och torven från Swedfore när produkterna varit blötlagda i 24 h. Skillnaden i vattenhållande förmåga mellan torvprodukterna beror troligtvis inte på kornfraktionsfördelningen då den var snarlik för de två torvprodukterna. Förklaringen kan möjligen ligga i någon eller flera av de egenskaper som inte redovisas vid försäljning av torv och som inte har undersökts i detta arbete, exempelvis torvens nedbrytningsgrad. De upplevda effekterna av mindre eller större partiklar i torvprodukter skiljde sig mellan de intervjuade lantbrukarna. En möjlig förklaring är att bedömningen av vad som är större eller mindre torvpartiklar kan variera mellan olika personer. Små torvpartiklar tycktes orsaka en kladdigare ströbädd hos två av äggproducenterna medan de två kycklingproducenterna var nöjda med finkornig torv. Kheravii et al. (2017) å sin sida såg att strömaterial med större partiklar i kombination med högre vatteninnehåll i ströbädden kunde ge kakigare ströbädd vilket inte var något som respondenterna påpekade.

Ammoniak

En viktig del i detta arbete var att utvärdera olika strömaterials förmåga att adsorbera ammoniak eftersom ammoniak är ett vanligt förekommande problem i framför allt värphönsstallar. I figur 5 framgår att det material som adsorberade ammoniak bäst var de båda torvsubstraten. Störst var adsorptionen hos torven från Swedfore som adsorberade drygt 50 % av den ammoniak som kunde avgå från ammoniaklösningen. Den krossade halmpelletsen från Easy-Way hade marginellt lägre adsorption av ammoniak jämfört med torvprodukten RS Mustang. I studien med hästgödsel av Fleming et al. (2008a) var förlusten av ammoniak till luften mindre hos halmpelletsen än hos kutterspån vilket bekräftas i detta arbete. Resultatet för torven är i enighet med resultatet i Kemppainen (1987), där torv band ammoniak bättre än spån och halm.

Biokolen, oavsett vilken produkt, adsorberade i princip ingen ammoniak alls i den här studien, vilket är i motsats till vad Gerlach & Schmidt (2012) menar händer när biokol läggs i en ströbädd för fjäderfä. Förklaringen till den låga adsorptionen av ammoniak för biokolen i denna studie ligger troligtvis i de ingående biokolprodukternas höga pH-värden. pH-värdena i biokolen påverkade troligen hur mycket ammoniak som kunde avgå till luften när ammoniakadsorptionsförmågan analyserades (Ritz et al. 2004; Liu et al. 2007; Oenema et al. 2008). Vid högre pH blir förlusterna av ammoniak större (Steiner et al. 2010) då mer ammoniak bildas vilket leder till att mer ammoniak kan avgå (Vaddella et al. 2011). I studien av Steiner et al. (2010) skedde ändå en reducering av ammoniakemissionen vid kompostering av biokol och ströbädd på grund av adsorption av NH_4^+ . Huruvida adsorption av NH_4^+ har skett här är svårt att säga då det blir mindre andel NH_4^+ med ett högre pH-värde i lösningen och i tillägg överensstämmer inte analysmetoden i detta arbete med Steiner et al. (2010). Adsorption av NH_4^+ är annars fördelaktigt då detta leder till att mindre kväve kan avgå som ammoniak till luften (Oenema et al. 2008). Då biokol i stallarna blandas med färsk gödsel från fjäderfän med pH 5,9 (Kirchmann & Witter 1992) och strömaterial förändras troligen dess egenskaper och förmåga att adsorbera ammoniak under de förutsättningarna. Således kommer biokolens förmåga att adsorbera ammoniak i ströbädd sannolikt skilja sig från vad som satts i denna laborationsstudie.

Av de intervjuade producenterna svarade fyra av fem att de periodvis under främst vinterhalvåret kunde ha höga koncentrationer av ammoniak i stallarna, vilket överensstämmer med Jeremiasson et al. (2019). Hur höga koncentrationerna var och under hur lång tid de var höga är svårare att säga då det återigen handlade om respondenternas personliga uppfattning. Potentiellt kan alla fjäderfäindivider riskera att utsättas för ammoniakhalter som överstiger vad som är tillåtet, det vill säga 10 ppm alternativt 25 ppm beroende på inhysningssystem SJVFS 2019:23. Med tanke på att det i landet finns miljontals fjäderfän (Jordbruksverket 2021)

borde det av etiska, djurvälståndsmässiga och miljömässiga skäl finnas incitament för att sträva efter förbättringar av stallmiljön. Exempel på försök att förbättra stallmiljön är de intervjuade lantbrukarna som vågar och vill testa andra strömedel. Nimmermark et al. (2009) såg att koncentrationen av ammoniak var lägre i stallar där hönsen inhystes i burar än om hönsen var frigående i envånings- eller flervåningssystem. Ur ett etiskt perspektiv finns en målkonflikt mellan att berika hönornas inhysningsmiljö via större ytor att röra sig på och hönsens exponering för högre ammoniak- och dammkoncentration i stallmiljön. Ammoniak har konstaterats kunna skada luftvägarna hos fåglar (Naseem & King 2018) och det har visats att höns undviker miljöer med höga ammoniakkoncentrationer om de kan (Kristensen et al. 2000) vilket tyder på att djurvälståndet skulle förbättras med lägre halter av ammoniak. Ifall det primära målet är att skydda djuren för höga ammoniakhalter borde höns utifrån vad vi vet idag inhysas i bur. Å andra sidan är en stor majoritet av hönsen i Sverige frigående och andelen ökar hela tiden (Svenska Ägg u.å.a) då samhället, av andra etiska skäl, föredrar att inte hålla höns i bur. Det här dilemmat skulle kunna undvikas helt om metoder som håller nere halterna av ammoniak i stallarna året runt kan hittas även för de frigående systemen.

På svenskt jordbruk ligger också ett ansvar att minska avgången av ammoniak, detta då majoriteten av landets ammoniakutsläpp till luft härstammar från jordbruksverksamhet (Naturvårdsverket u.å.). Föresatsen att minska ammoniakemissionen från ströbädden genom användning av för syftet bäst lämpat strömaterial är även applicerbar för andra djurslag än höns, och i andra inhysningssystem, vilket ger ytterligare anledningar att hitta bra lösningar. Då ammoniak bidrar till övergödning, försurning och skadliga partiklar i luften (Naturvårdsverket u.å.) är det dessutom viktigt med en utsläppsminskning från jordbruket för att nå Sveriges miljökvalitetsmål "Frisk luft", "Bara naturlig försurning", "Ingen övergödning" och "Levande sjöar och vattendrag" (Sveriges miljömål u.å.).

Damm

Intervjurespondenterna upplevde att torv dammade mycket i stallarna, mer än vad spån gjorde. Det överensstämmer med resultaten i figur 8, där torvprodukterna med en TS-halt på 60 % hade högre dammkoncentration än spånet med TS 95%. Det förelåg också skillnader mellan torvprodukterna där Swedfore hade dubbel så hög dammkoncentration som RS Mustang när produkterna tumlades i cementblandaren vid TS 60 %. Det bör dock tas i beaktande att torv och spånmaterial skiljer sig betydligt i färgen, där torven är brun och spånet har en gulvit färg. En möjlighet till att torven därför upplevs damma mer är att det ljusare spåndammet inte syns lika tydligt i miljön som det mörkare torvdammet. Resultatet i denna studie visade att torven, men även biokol, dammade mer ju högre TS-halten var, se figur 7 och 8. Torven hade även högst andel mycket små partiklar, ca 20 % av materialet var

mindre än 0,5 mm, se figur 6. Kutterspånets lägre andel av små partiklar är troligtvis är anledningen till att spånet dammade mindre vid TS 95 % än vad torven gjorde vid TS 60 %. Den stora skillnaden mellan TS-halterna för spån och torv bör noteras där torven dammade mindre än spånet först när torvens TS var 40 % och 50 %. Den initiala TS-halten var ungefär 50 % för båda torvprodukterna som ingick i studien, men detta kan skifta mellan olika torvar vilket också påpekades av en av kycklingproducenterna. Baserat på TS-halten som uppmättes på originalproverna i studien skulle torven ha en TS-halt på ca 50 % vid distribuering i stallarna, vilket troligen innebär att risken för höga dammkoncentrationer i stallarna är lägre när torv används som strömedel än vid användning av kutterspån.

Den krossade halmpelleten och kutterspånets hade liknande TS-halt på ungefär 90–95 % och halmpelleten observerades ha högre dammhalt än spån trots lägre andel små partiklar. Den högre dammhalt hos pelleten i vår studie motsäger resultaten från dammkammaren i studien av Fleming et al. (2008b). Dock är inte resultaten i vår studie statistiskt undersökta. Våra resultat visar något högre standardavvikelser för båda torvprodukterna, kutterspånets, biokolet Skånefrö vid TS 90 % och biokolet Carbofex vid TS 70 %. Det tyder på större variation mellan upprepningarna för de här produkterna och TS-halterna och hade kunnat avhjälpas med ytterligare upprepningar utöver de som gjordes.

Utifrån resultatet som presenteras i figur 7 konstaterades att biokol med 90 % TS dammade mest av alla testade kombinationer av TS och produkttyp. Dammkoncentrationen för biokolen minskade ju lägre TS-halten var. En TS-halt på 70 % rekommenderas av EBC för att undvika dammexplosioner (European Biochar Foundation 2022) men en TS-halt på 50 % dammar ännu mindre. Å andra sidan kan inte biokol med lägre TS-halt absorbera lika mycket vatten som ett torrare biokol. Dammkoncentrationerna i cementblandaren ökade också under mätningarnas gång, främst för 90 % TS. Framför allt Carbofex och Oplandske hade höga nivåer av damm i slutet av mätningarna. Detta kan bero på den flisiga struktur dessa biokol hade ledde till att kolbitar lättare slogs sönder i cementblandaren och på så sätt gav upphov till den kontinuerliga koncentrationsökningen av damm. Biokolet från Skånefrö slogs med största sannolikhet också sönder delvis, men troligtvis var dess pelletsstruktur skyddande då Skånefrö hade lägre dammkoncentration även vid 90 % TS-halt. Skånefrö TS 50 % var dessutom det enda biokol som hade lägre medelvärde på dammkoncentrationen än kutterspånets, och värdet för Carbofex 70 % TS mycket nära värdet för spån. Skulle dessa tre olika biokolprodukter läggas i ströbäddar med befintlig struktur är det inte omöjligt att påverkan från hönsen skulle få biokolen från Carbofex och Oplandske att avge mer damm till miljön då de sönderföll lättare än Skånefrö. För att utreda detta ytterligare kan siktningar av produkterna före och efter behandlingen i cementblandaren vara en utveckling av denna studie.

Dammförsöken som har gjorts i det här arbetet kan inte jämföras med resultaten från studierna av Nimmermark et al. (2009) eller Nimmermark & Gustafsson (2005), vilka utfördes i stallmiljö vilken innehåller fler källor som bidrar till mängden damm (David et al. 2015). Däremot är det relevant att välja ett strömaterial som dammar så lite som möjligt för att inte bidra till den totala dammkoncentrationen (Nimmermark & Gustafsson 2005; Nimmermark et al. 2009). Vidare är damm och ammoniak skadligt för fåglarna (Naseem & King 2018) och damm kan fastna på äggen. Ytterligare skäl att välja material som dammar mindre är att gränsvärden för organiskt damm regleras i lagstiftningen (SJVFS 2019:23) och att halterna av damm redan är höga i fjäderfästallar (Jansson 2011). Resultaten måste också sättas i relation till hur mycket av materialen som skulle användas i ströbädden. Krossad halmpellets, torv och spån kan utgöra 100 % av ströbädden. Biokolen kommer med största sannolikhet aldrig utgöra 100 % av ströbädden utan alltid blandas med något annat strömedel, exempelvis spån. I litteraturstudien sågs exempel på inblandning av biokol från 0,6 % till 20 % (Kana et al. 2010; Gerlach & Schmidt 2012; Flores et al. 2021). Även torven kan blandas med spån, vilket en av äggproducenterna hade erfarenhet av. I framtida studier kan det vara relevant att utvärdera dammkoncentration när biokol blandas med olika strömedel, då det ger en mer rättvis bild av hur biokolet praktiskt skulle användas. Då biokolet var den materialkategori som dammade mest i denna undersökning är det möjligt att biokolet skulle bidra till högre dammkoncentrationer även i det strömaterial det blandades med. En möjlig fortsättning på denna studie hade varit att undersöka om koncentrationen respirabelt damm skiljer mellan de olika produkterna, eller om koncentrationen av respirabelt damm korrelerar till den totala dammkoncentrationen.

Hållbarhet

Biokolen som används i ströbädden kommer tids nog att läggas på åkermark som gödsel och därmed hamnar biokolen i jorden. I jorden fungerar biokolen bland annat som en kolsänka (Qian et al. 2015) som blir kvar under en längre tid. Ur ett hållbarhetsperspektiv är det därför viktigt att biokolet inte bidrar till ackumulering av tungmetaller. Då EBC-Feed inte kan säljas som jordförbättring finns det ingen garanti för att det biokolet uppfyller alla krav för EBC-Agro eller EBC-AgroOrganic (European Biochar Foundation 2022). Det kan innebära att ströbädden med biokol inte får spridas på åkermark. Flores et al. (2021) såg att kalkoner som hade haft biokol inblandat i ströbädden också hade kol i krävan vilket tyder på att kalkonerna ätit delar av ströbädden. Ur de aspekterna är det viktigt att biokolprodukten som används i ströbädden uppfyller kraven både som säkert fodertillskott och som jordförbättringsmedel. I tillägg måste lagstiftning som finns i de länder som biokolet används i följas. Ur det perspektivet hade det varit lika

eller mer relevant att undersöka biokol som är certifierade EBC-Agro och EBC-AgroOrganic då detta arbete främst inriktar sig på biokol i ströbädden och inte i fodret. Detta trots att fåglar generellt pickar i alla typer av ströbäddar och får i sig partiklar som inte är avsedda som foder.

En aspekt som inte inkluderas i detta arbete är kostnaden för de olika strömaterialen. Priset är dock en betydande faktor för vilket strömaterial som väljs då högre kostnader för strö påverkar den ekonomiska lönsamheten vilket ägg- och kycklingproducenterna måste ta hänsyn till. För den ekonomiska hållbarheten hade det varit intressant att undersöka om ett dyrare strömaterial som binder mer kväve i ströbädden kan ge fördelar på andra ekonomiska poster. Ett möjligt scenario är att en kväverikare ströbädd spridd på åkrarna kompenserar dyrare inköp av strö genom en lägre kostnad för inköp av kvävegödsel. Jordbruket bidrar till att kväve förloras genom ammoniakavgång till luft (Naturvårdsverket u.å.). Det skulle därför vara önskvärt ifall en ökad bindning av kväve i ströbädden i alla fall delvis ersätter behovet av mineralgödsel.

Påverkan på fåglarna

Strömaterialen i sig kan påverka fåglarna utöver de hälsorisker med damm och ammoniak och preferenser för miljöer med lägre koncentration ammoniak som har diskuterats tidigare. Flores et al. (2021) såg inga negativa hälsoeffekter av att biokol användes i ströbädden även om inblandningen hade varierande effekt på fåglarnas produktion (Kana et al. 2010; Flores et al. 2021) och det verkar heller inte vara negativt att fåglarna åt biokol, antingen i ströbädden eller inblandat i fodret (Willson et al. 2019; Flores et al. 2021). Däremot är det teoretiskt möjligt att individer skulle kunna äta större mängder biokol än vad som avses när biokolen finns i ströbädden än om den skulle vara inblandad efter en viss procent i fodret. Därför kan det återigen vara viktigt att veta vad biokolen innehåller och att den uppfyller svensk fodermedelslagstiftning.

I arbetet inkluderades krossad halmpellets på grund av dess goda ströbäddsegenskaper. I tidigare studier på kyckling har halmpellets tenderat att minska förekomsten av sårskador på bröstet, men däremot inte påverkat kycklingarnas tillväxt varken till det bättre eller sämre (Kheravii et al. 2017). Skånberg et al. (2021) såg dock inga preferenser för den krossade halmpelleten hos kycklingar av värpras, de valde hellre att utföra naturliga beteenden i andra material. Exempelvis födosökte värpkycklingarna mindre i torven och i den krossade halmpelleten än i kutterspånnet (Skånberg et al. 2021). Då naturliga beteenden är viktiga för hönornas välfärd bör även den aspekten vägas in i valet av strömaterial. Även här finns ett etiskt dilemma kring om det är mer moraliskt korrekt att välja ett strömedel som främjar mer naturligt beteende, eller välja ett strömaterial som ger mindre damm eller mindre ammoniakavgång från ströbädden,

vilket också gynnar hönorna på andra sett, exempelvis genom förbättrad hälsa. Exempelvis föredrog värpkylcklingarna i studien av Skånberg et al. (2021) att ströbada i torv jämfört med i kutterspån, vilket också var kylcklingproducenterna A och P:s uppfattning i denna studie, medan äggproducent C upplevde det motsatta. Kylcklingproducent A tyckte dessutom att torven gav en hälsofördel med färre dödsfall orsakade av *E.coli*.

Framtida studier

Det hade varit intressant att göra ytterligare studier på hur mycket kornfraktionen påverkar den vattenhållande förmågan hos produkterna och att undersöka vilken struktur och kornfraktionsstorlekar som är att föredra i ströbädden med avseende på den vattenhållande förmågan. Nästa steg vore att variera partikelstorleken i ströbäddar ute i besättningar, för att se om det blir någon skillnad mellan behandlingar, exempelvis kakig eller kladdig ströbädd. Utöver det kan det finnas en mening i att undersöka de olika strömaterialens förmåga att avge vatten till omgivningen och om detta har någon effekt på ströbäddens egenskaper. Exempelvis om hur väl ströbäddar av olika material kan öka sin TS-halt efter att ha varit fuktigare än önskat. I framtida studier bör statistiska analyser inkluderas för att avgöra om skillnaderna inom en kategori produkter är signifikanta eller ej och hur alternativa produkter skiljer sig mot exempelvis kutterspån som är ett vanligt strömedel i stallarna.

6. Slutsats

Alla intervjurespondenter i studien hade vid något tillfälle använt torv, men ingen av dem hade använt biokol. Kycklingproducenterna var generellt nöjda med torv som strömedel medan äggproducenterna föredrog kutterspån. Laborationsstudien visade att med den metod som användes i den här studien kunde ingen adsorption av ammoniak mätas för de tre testade biokolprodukterna. Detta tros bero på att deras höga pH-värden underlättar ammoniakavgången till luften. Det kan inte uteslutas att biokolprodukternas ammoniakadsorption skulle vara annorlunda i stallmiljö där de blandas med strömaterial och gödsel som båda har ett lägre pH. Av biokolen dammade Skånefrö minst medan Oplandske och Carbofex absorberade mest vatten. För att minska risken för höga dammkoncentrationer rekommenderas att biokolen har en TS-halt på 70 % eller lägre. Av torvprodukterna hade Swedfore bäst förmåga att adsorbera ammoniak. RS Mustang hade lägre tendens att damma och absorberade mer vatten än Swedfore. Även för torv innebar lägre torrsubstanshalt att dammkoncentration minskade. Högst vattenhållande förmåga av alla materialen hade den krossade halmpelletsen Easy-Way medan kutterspånet YesBox visade sig damma lite i jämförelse med de andra materialen trots sin höga TS-halt. Baserat på resultaten är det svårt att dra några generella slutsatser om vilket av de undersökta biokolen respektive torvmaterialen som är bäst lämpade som strö till fjäderfäflokar i praktiken.

Referenser

- Carbofex (u.å.). *The real black gold*. https://www.carbofex.fi/Home#?_dlg= [2022-04-14]
- David, B., Moe, R.O., Michel, V., Lund, V. & Mejdell, C. (2015). Air Quality in Alternative Housing Systems May Have an Impact on Laying Hen Welfare. Part I—Dust. *Animals*, 5 (3), 495–511. <https://doi.org/10.3390/ani5030368>
- Easy AgriCare (2022). [http://easy-agricare.dk/DK/Produkter/Fjerkr%C3%A6/easy\(x30x\)way.aspx](http://easy-agricare.dk/DK/Produkter/Fjerkr%C3%A6/easy(x30x)way.aspx) [2022-05-16]
- EBC Producer (2022). <https://www.european-biochar.org/en/companies> [2022-01-28]
- Estevez, I. (2002). Ammonia and Poultry Welfare. *Poultry Perspectives*, 4 (1), 1–3
- European Biochar Foundation (2022). *European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of biochar*. (10.1E). Arbaz, Switzerland. https://www.european-biochar.org/media/doc/2/version_en_10_1.pdf [2022-02-01]
- Fidel, R.B., Laird, D.A. & Spokas, K.A. (2018). Sorption of ammonium and nitrate to biochars is electrostatic and pH-dependent. *Scientific Reports*, 8 (1), 17627. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35534-w>
- Fleming, K., Hessel, E.F. & Van den Weghe, H.F.A. (2008a). Evaluation of Factors Influencing the Generation of Ammonia in Different Bedding Materials Used for Horse Keeping. *Journal of Equine Veterinary Science*, 28 (4), 223–231. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2008.02.008>
- Fleming, K., Hessel, E.F. & Van den Weghe, H.F.A. (2008b). Generation of Airborne Particles from Different Bedding Materials Used for Horse Keeping. *Journal of Equine Veterinary Science*, 28 (7), 408–418. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2008.05.004>
- Flores, K.R., Fahrenholz, A. & Grimes, J.L. (2021). Effect of pellet quality and biochar litter amendment on male turkey performance. *Poultry science*, 100 (4), 101002-. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.01.025>
- Fransson AM, Gustafsson M, Malmberg J, Paulsson M (2020). Biokolhandboken - för användare. <https://biokol.org/publikationer/pdf/biokolhandboken> [2022-04-28]
- Gerlach, H. & Schmidt, H.-P. (2012). Biochar in poultry farming. *Ithaka Journal*, 2012 (1), 262–264
- International Biochar Initiative (u.å.a). *Biochar Standards*. <https://biochar-international.org/characterizationstandard/> [2022-04-14]
- International Biochar Initiative (u.å.b). *What is biochar?* [biochar-international. https://biochar-international.org/faqs/](https://biochar-international.org/faqs/) [2022-04-13]
- Jansson, A. (2011). *Kunskapsöversikt - Organiskt damm i lantbruk*. (2011:4). Arbetsmiljöverket. <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/kunskapssammanstallningar/organiskt-damm-i-lantbruk-kunskapssammanstallningar-rap-2011-4.pdf> [2022-04-15]
- Jeppsson, K.-H. (1999). Volatilization of Ammonia in Deep-litter Systems with Different Bedding Materials for Young Cattle. *Journal of Agricultural*

- Engineering Research*, 73 (1), 49–57.
<https://doi.org/10.1006/jaer.1998.0387>
- Jeremiasson, A., Carlsson, B., Jamieson, M., Hagberg, C. & Gotborn, E. (2019). Minskad ammoniakavgång i värphönsstallar. <https://www.svenskaagg.se/attachments/92/2166.pdf> [2022-02-10]
- Jordbruksverket (2021). *Lantbrukets djur i juni 2020 Slutlig statistik*. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2021-01-29-lantbrukets-djur-i-juni-2020-slutlig-statistik> [2022-02-02]
- Kana, J.R., Tegua, A., Mungfu, B.M. & Tchoumboue, J. (2010). Growth performance and carcass characteristics of broiler chickens fed diets supplemented with graded levels of charcoal from maize cob or seed of *Canarium schweinfurthii* Engl. *Tropical animal health and production*, 43 (1), 51–56. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9653-8>
- Kemppainen, E. (1987). Ammonia binding capacity of peat, straw, sawdust and cutter shavings. *Annales Agriculturae Fenniae*, 26, 89–94
- Kheravii, S.K., Swick, R.A., Choct, M. & Wu, S.-B. (2017). Potential of pelleted wheat straw as an alternative bedding material for broilers. *Poultry Science*, 96 (6), 1641–1647. <https://doi.org/10.3382/ps/pew473>
- Kirchmann, H. & Witter, E. (1992). Composition of fresh, aerobic and anaerobic farm animal dungs. *Bioresource Technology*, 40 (2), 137–142. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(92\)90199-8](https://doi.org/10.1016/0960-8524(92)90199-8)
- Kristensen, H.H., Burgess, L.R., Demmers, T.G.H. & Wathes, C.M. (2000). The preferences of laying hens for different concentrations of atmospheric ammonia. *Applied Animal Behaviour Science*, 68 (4), 307–318. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00110-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00110-6)
- Liu, Z., Wang, L., Beasley, D. & Oviedo, E. (2007). Effect of moisture content on ammonia emissions from broiler litter: A laboratory study. *Journal of atmospheric chemistry*, 58 (1), 41–53. <https://doi.org/10.1007/s10874-007-9076-8>
- Malone, G. (2002). Ammonia and Grower Health. 4 (1), 3–4
- Naseem, S. & King, A.J. (2018). Ammonia production in poultry houses can affect health of humans, birds, and the environment—techniques for its reduction during poultry production. *Environmental Science and Pollution Research*, 25 (16), 15269–15293. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2018-y>
- Nationalencyklopedin (u.å.). *Torv..* <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/torv> [2022-03-17]
- Naturvårdsverket (2016). *Torvutvinningens och torvanvändningens klimat- och miljöpåverkan*. Naturvårdsverket. <https://www.regeringen.se/4ad24a/contentassets/ac0020da511e4bbaa0093d1711cd18c9/naturvardsverkets-redovisning-av-torvutvinningens-och-torvanvandningens-klimat--och-miljopaverkan.pdf>
- Naturvårdsverket (u.å.). *Ammoniak, utsläpp till luft*. <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/luft/utslapp/ammoniak-utslapp-luft/> [2022-02-04]
- Nimmermark, S. & Gustafsson, G. (2005). Influence of temperature, humidity and ventilation rate on the release of odour and ammonia in a floor housing system for laying hens. *Agricultural Engineering International*, 7
- Nimmermark, S., Lund, V., Gustafsson, G. & Eduard, W. (2009). Ammonia, dust and bacteria in welfare-oriented systems for laying hens. *Ann Agric Environ Med*, 16, 103–113
- Oenema, O., Bannink, A., Sommer, S.G., Van Groenigen, J.W. & Velthof, G.L. (2008). Chapter 12 - Gaseous Nitrogen Emissions from Livestock Farming Systems. I: Hatfield, J.L. & Follett, R.F. (red.) *Nitrogen in the Environment*

- (Second Edition). San Diego: Academic Press, 395–441.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374347-3.00012-3>
- Oplandske Bioenergi (u.å.). *Biokull | Oplandske Bioenergi*.
<https://oplandske.no/biokull> [2022-04-14]
- Patel, R. & Davidson, B. (2019). *Forskningsmetodikens grunder: att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Femte upplagan. Lund: Studentlitteratur.
- Qian, K., Kumar, A., Zhang, H., Bellmer, D. & Huhnke, R. (2015). Recent advances in utilization of biochar. *Renewable & sustainable energy reviews*, 42, 1055–1064. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.074>
- Ritz, C.W., Fairchild, B.D. & Lacy, M.P. (2004). Implications of Ammonia Production and Emissions from Commercial Poultry Facilities: A Review. *Journal of Applied Poultry Research*, 13 (4), 684–692. <https://doi.org/10.1093/japr/13.4.684>
- Schilstra, A.J. (2001). How sustainable is the use of peat for commercial energy production? *Ecological Economics*, 39 (2), 285–293. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00216-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00216-6)
- Schoning, K. (2014). *Torvtillväxt och kolackumulation hos unga torvmarker i Uppland*. (2014:35). Uppsala: Sveriges geologiska undersökning. <http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1435-rapport.pdf> [2022-03-16]
- Skånberg, L., Kjærsgaard Nielsen, Cecilie Bramgaard & Keeling, L.J. (2021). Litter and perch type matter already from the start: exploring preferences and perch balance in laying hen chicks. *Poultry Science*, 100 (2), 431–440. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.041>
- Skånefrö (2022). *Biokol*. Skånefrö. <https://skanefro.se/biokol/> [2022-04-14]
- Statistikmyndigheten (2020). *Torv 2019 Produktion, användning och miljöeffekter m.m.* (MI25 - Torv, MI 25 SM 2001)
- Statistikmyndigheten (2021). *Skörden av odlingstorv har ökat kraftigt*. Statistikmyndigheten. <http://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/markanvandning/torv-produktion-anvandning-och-miljoeffekter-torv/pong/statistiknyhet/torv-2020-produktion-anvandning-och-miljoeffekter/> [2022-03-11]
- Steiner, C., Das, K. c., Melear, N. & Lakly, D. (2010). Reducing Nitrogen Loss during Poultry Litter Composting Using Biochar. *Journal of Environmental Quality*, 39 (4), 1236–1242. <https://doi.org/10.2134/jeq2009.0337>
- Svenska Ägg (u.å.a). *Produktionssystem och djuromsorg i svensk äggproduktion*. <https://www.svenskaagg.se/attachments/92/2195.pdf> [2022-02-02]
- Svenska Ägg (u.å.b). *Ströbäddshantering*. Vreta Kloster. <https://www.svenskaagg.se/attachments/92/1727.pdf> [2022-02-24]
- Sveriges miljömål (u.å.). <https://www.sverigesmiljomal.se/> [2022-05-19]
- Vaddella, V.K., Ndegwa, P.M. & Jiang, A. (2011). An Empirical Model of Ammonium Ion Dissociation in Liquid Dairy Manure. *Transactions of the ASABE*, 54 (3), 1119–1126. <https://doi.org/10.13031/2013.37103>
- Willson, N.-L., Van, T.T.H., Bhattarai, S.P., Courtice, J.M., McIntyre, J.R., Prasai, T.P., Moore, R.J., Walsh, K. & Stanley, D. (2019). Feed supplementation with biochar may reduce poultry pathogens, including *Campylobacter hepaticus*, the causative agent of Spotty Liver Disease. *PloS one*, 14 (4), e0214471–e0214471. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214471>
- Witter, E. & Kirchmann, H. (1989). Peat, zeolite and basalt as adsorbents of ammoniacal nitrogen during manure decomposition. *Plant and Soil*, 115 (1), 43–52. <https://doi.org/10.1007/BF02220693>
- Zhang, J. & You, C. (2013). Water Holding Capacity and Absorption Properties of Wood Chars. *Energy & Fuels*, 27 (5), 2643–2648. <https://doi.org/10.1021/ef4000769>

Populärvetenskaplig sammanfattning

Ammoniak är en gas som kan ha skadlig påverkan på människors hälsa och fjäderfäns hälsa, välfärd och produktion. Ammoniak har även negativa effekter på den globala miljön då den bidrar till övergödning och försurning. I Sverige står jordbruket för en stor del av den ammoniak som kommer ut till luften och åtgärder behöver vidtas för att sänka utsläppen. Majoriteten av alla fjäderfä i Sverige är frigående i ströbäddar som dels dammar, dels avger ammoniak när den kväverika hönsgödseln bryts ner. Dammnivåerna i stallet bör hållas nere då ammoniak kan binda till dammet och kombinationen verkar skadligt på fåglar och människor. Större mängd gödsel i stallet, högt pH eller högre temperatur i ströbädden ger ökad ammoniakavgång. Även större mängd vatten i ströbädden ökar risken för större ammoniakavgång och kladdigare ströbädd, vilken man vill ska vara torr och lucker. För att sänka halterna av ammoniak i stallar för fjäderfä skulle torv och biokol kunna blandas in i ströbädden. Torv har visat sig adsorbera ammoniak bättre än kutterspån och tidigare forskning har föreslagit att biokol kan reducera ammoniakavgången samt binda vatten i ströbädden.

Syftet med arbetet var att hitta produkter av torv och biokol som var lämpliga att använda som strömedel eller tillsats i strömedel till fjäderfä. För att uppnå syftet gjordes en inventering av vilka tillgängliga produkter av torv och biokol som finns på marknaden. I tillägg gjordes intervjuer med tre ägg- och två kycklingproducenter som hade använt torv praktiskt. Efter produktinventering valdes tre produkter biokol (Skånefrö, Carbofex, Oplandske), två produkter torv (RS Mustang, Swedfore) samt en krossad halmpellets (Easy-Way) ut för att studeras vidare. På laboratorium testades hur väl produkterna band ammoniak och absorberade vatten, samt hur mycket de dammade beroende på vatteninnehåll. I laborationsstudien användes kutterspånet YesBox som kontrollmaterial.

De två intervjuade kycklingproducenterna var generellt nöjda med torv som strömaterial medan de tre äggproducenterna föredrog kutterspån efter att ha testat torv i sina besättningar. Laborationsstudien visade att ingen av biokolen band ammoniak, vilket tros bero på produkternas höga pH-värden. Av biokolen dammade Skånefrö minst, medan Oplandske och Carbofex absorberade mest vatten. För att minska risken för damm rekommenderas att biokolen har en torrsubstanshalt på 70 % eller lägre. Av torvprodukterna hade Swedfore bäst

förmåga att binda ammoniak medan RS Mustang hade lägre tendens att damma och absorberade mer vatten. Högst vattenhållande förmåga av alla materialen hade Easy-Way medan kutterspåret YesBox visade sig damma lite i jämförelse med de andra materialen trots att det vanligen har högre torrsustanshalt. Baserat på resultaten är det svårt att dra några generella slutsatser om vilket av de undersökta biokolen respektive torvmaterialen som är bäst lämpade som strö till fjäderfäfloccar i praktiken.

Bilaga 1

Frågor till lantbrukare

Om verksamheten:

Antal höns/kycklingar i det stall materialet testats?

Antal avdelningar?

Längd på omgång?

Vilket inhysningssystem?

Typ av utgödslingssystem?

Typ av ventilation?

Hur ofta gödslas det ut?

Vilket strömaterial används som regel i stallet?

Upplever du problem med ammoniak nu eller tidigare? Om ja, finns data på ammoniakhalterna?

Har andra åtgärder vidtagits för att minska halten ammoniak?

Material:

Vilket material användes?

Från vilken tillverkare?

Anledning till att materialet valdes?

Några tankar på biosäkerheten innan?

Användning:

När testades materialet?

När i omgången användes materialet?

Hur mycket användes per gång/individ samt totalt? Hur kom ni fram till det?

Hur ofta distribuerades materialet?

Behandlades materialet något innan distribution? Ex blötlades/fuktades, krossades...

Om materialet fuktades, hur mycket vatten tillfördes?

Hur stora var partiklarna?

Egen uppfattning om effekt vid användning av materialet:

Vad är din uppfattning av effekt på damm i stallet?

Vad är din uppfattning om effekt på luftkvalitén i stallet? (ammoniak)

Uppfattas någon skillnad i damm/luftkvalitet mellan årstiderna?

Vad är din uppfattning effekt på andelen smutsiga ägg?

Vad är din uppfattning effekt på hörnas beteende?

Vad är din uppfattning effekt på hönornas hälsa?

Hur är din uppfattning av arbetstid med materialet? Har det gått åt extra arbetstid för att använda materialet? I så fall, går det att uppskatta hur mycket extra arbetstid som gått åt?

Är ströbädden bättre eller sämre än innan? Upplevde du någon effekt på ströbädden? I så fall vilken? (tex torrare/fuktigare)

Uppfattning av att sprida ströet ihop med gödseln på fält? Uppfattning av gödselkvalitet? Fördelar?

Skulle du rekommendera andra att använda materialet? Varför/varför inte?

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.