

Hästens inomhusmiljö – hur påverkas den av olika strömmaterial

Johanna Berg-Johansson
Amelie Gottfridsson
Anna Karlsson
Michaela Lindbäck
Märta Westlin

Projekt Agrosystem Läsåret 2009/10, Agronom-
utbildningen, Sveriges Lantbruksuniversitet

Handledare: Lena Elfman, Arbets- och
miljömedicin, Akademiska sjukhuset, Uppsala





Johanna Berg-Johansson, a06jobe1@stud.slu.se
Amelie Gottfridsson, a06amgo1@stud.slu.se
Anna Karlsson, a06anka1@stud.slu.se
Michaela Lindbäck, a06mili1@stud.slu.se
Märta Westlin, a05mawe1@stud.slu.se

Hästens inomhusmiljö – hur påverkas den av olika strömaterial



Projektägare: Lena Elfman, Arbets- och miljömedicin, Akademiska sjukhuset, Uppsala

SLU-handledare: Niklas Adolfsson, Institutet för jordbruk- och miljöteknik, JTI och Anders Larsolle, Institutionen för energi och teknik, SLU

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

ABSTRACT	3
SAMMANFATTNING	3
INTRODUKTION	4
Stallmiljö	4
Gödselhantering	5
Strömaterial	5
SYFTE.....	7
MATERIAL OCH METODER	7
Stall och hästar.....	7
Försöksupplägg.....	7
Metoder och analyser.....	7
Strömaterial och skötsel.....	8
Statistiska analyser	9
RESULTAT	9
DISKUSSION	13
SLUTSATS	16
TACK TILL	16
BILAGA 1	18
BILAGA 2.....	19
BILAGA 3.....	23
BILAGA 4.....	24

ABSTRACT

The purpose with this study was to evaluate the environment in the stable when different bedding material was used, peat and Ministrö®. Ministrö® is a new product on the market for bedding material and consists of heat-treated and pelleted conifer. Ministrö® was developed because of the lack of bedding material for horses with respiratory problems. The study was performed during the month of October and November and the test period was for each bedding material four weeks. For each bedding materials, the air quality was measured regarding the following factors; particles, temperature, air humidity, carbon dioxide, volatile organic compounds, horse allergen and ammonia. Samples of the different material were analyzed of possible microbial content. Bedding material affects the air quality in the stable. The quality of the air is important because several respiratory diseases are caused or disturbed through inhalation of airborne particles. A good bedding material does not cause hygienic problems and absorb moisture and ammonia well.

The results showed that Ministrö® generated less ultrafine particles than peat. However, no differences in particles <10 µm and ultrafine particles were shown when the data were adjusted for temperature and air humidity. The amount of carbon dioxide did not differ between the bedding materials. There were higher amounts of volatile organic compounds in the air when Ministrö® was used than with peat, and δ-limonen was only detected with Ministrö®. The total amount of bacteria and fungi was higher in peat than Ministrö®. After four weeks too high amounts of microorganisms were present in both bedding materials. The conclusion of this study showed that peat tends to give a better stable environment regarding to higher absorption of ammonia and lower levels of volatile organic compounds.

SAMMANFATTNING

Syftet med studien var att utvärdera stallmiljön vid användning av två olika strömaterial, torv och Ministrö®. Ministrö® är ett på marknaden nytt strömaterial och består av värmebehandlat och pelleterat barrträ. Ministrö® utvecklades på grund av brist på fungerande strömaterial till hästar med luftvägsproblem. Studien genomfördes under oktober och november månad och provtagningsperioden för respektive strömaterial var fyra veckor. Luftkvaliteten studerades genom mätningar av partikelförekomst, koldioxid, temperatur, relativ luftfuktighet, flyktiga organiska ämnen, hästallergen och ammoniak som utfördes för respektive strömaterial. Prov på de olika strömaterialen togs för att analysera eventuell mikrobiell förekomst. Strömaterial påverkar luftkvaliteten i stallet. Kvaliteten på luften i stallet är viktig då flera respiratoriska sjukdomar hos häst orsakas eller förvärras genom inandning av luftburna partiklar. Ett bra strömaterial orsakar inte hygieniska problem samt absorberar fukt och ammoniak bra.

Ministrö® visade sig generera mindre mängd ultrafina partiklar (0,02-1 µm) jämfört med torv. Vid justering för temperatur och relativ luftfuktighet fanns inga signifikanta skillnader mellan materialen gällandes partiklar <10 µm samt ultrafina partiklar. Mellan de olika strömaterialen fanns inga skillnader i mängden koldioxid. Ministrö® uppvisade högre mängd av de flyktiga organiska ämnena i luften än torv och δ-limonen detekterades endast vid användning av Ministrö®. Totalantalet av bakterier och svamp var en tiopotens högre i torv än i Ministrö®. Samtliga strömaterial innehöll efter fyra veckor höga halter av mikroorganismer. Slutsatsen som kan dras är att torv tenderar att ge en bättre stallmiljö pga. högre ammoniakabsorption samt lägre nivåer av flyktiga organiska ämnen.

INTRODUKTION

Vid uppstallning av häst används någon form av strömmaterial i boxen eller spiltan. Exempel på strömmaterial är halm, kutterspån, torv, torvmix (torv + kutterspån) och tidningspapper. Valet av strömmaterial påverkar luftkvaliteten i stallet, arbetsinsatsen för att mocka ut gödsel från boxen, gödselvolymen, och hur bra gödseln fungerar som gödningsmedel (Airaksinen *et al.*, 2001). Ett bra strömmaterial orsakar inte hygieniska problem, absorberar fukt och ammoniak bra, är ekonomiskt att använda och fungerar bra som gödningsmedel.

Orsaken till en dålig stallmiljö är i många fall ett sämre strömmaterial. En annan faktor som starkt inverkar på stallmiljön är fodret (Clarke, 1987). Ammoniak, damm och biologiska aerosoler minskar luftkvaliteten och ökar risken för utveckling av respiratoriska sjukdomar hos hästar och människor. Hästar som står i stall exponeras ofta för höga halter av organiskt damm vilket innehåller antigener, endotoxin, och ett flertal olika partiklar (Holcombe *et al.*, 2001). Dessa kan ge upphov till inflammation i luftvägarna. Hos hästar som vistas en stor del av dygnet i stallmiljö är inflammatoriska luftvägssjukdomar en av de vanligaste orsakerna till nedsatt prestation och problem med långvarig hosta (Mehammer, 2005). Även friska hästar får en ökad mängd inflammatoriska celler i respirationsorganen när de stallas upp jämfört med när de går på bete (Holcombe *et al.*, 2001).

Stallmiljö

Strömaterialet har tillsammans med andra faktorer, till exempel foder, en viktig påverkan på luftkvaliteten med avseende på luftburna partiklar i stallet (Fleming *et al.*, 2008). Luftkvaliteten i stallet är viktig för hästens hälsa eftersom flera respiratoriska sjukdomar hos häst orsakas eller förvärras genom inandning av luftburna partiklar. De vanligaste luftföroreningarna i ett stall är gaser, bakterier, jäst, svampar, virus, protozoer och endotoxiner. Strömmaterial tillsammans med hö är känt som huvudkällor för svampsporer (Clarke, 1987).

Inhalerat organiskt damm, speciellt endotoxin och svamp, har en betydande roll i utvecklandet av luftvägssjukdomar hos häst (McGorum och Pirie, 2002). Inhalerat endotoxin är också en orsak till inflammationssjukdomar i luftvägarna hos människor och koncentrationen av endotoxin i bioaerosolerna är den vanligaste orsaken till luftvägssjukdomar hos jordbruksarbetare (Schwartz, 2001).

Valet av foder har större inverkan på halten av respirabla partiklar ($< 5 \mu\text{m}$) i stalluften än strömaterialet (Clements och Pirie, 2006). En förklaring kan vara att mätningarna gjordes i regionen kring hästarnas andningszon och hästarna spenderade mera tid med nosen i fodret jämfört med strömaterialet. Att fodra med ensilage är att föredra framför hö med hänsyn till hästarnas respiratoriska hälsa. Vid utfodring av hö minskar de maximala nivåerna av respirabla partiklar om strömaterialet byts från halm till spån.

Människor får under en arbetsdag inte exponeras för mer än 150 mg/m^3 av terpenerna α -pinen, karen och limonen. Terpenener är en grupp kolväten som indelas i grupper efter hur många isoprenenheter de innehåller. Träslag innehåller olika form av terpenener och därmed kan det även finnas i strömmaterial gjort av trä (Kemikalieinspektionens hemsida, 2009). För terpenener gäller ett korttidsvärde (= ett rekommenderat medelvärde för exponering under en referensperiod av 15 minuter) på 300 mg/m^3 (AFS 2005:17). Människor får inte exponeras för mer än 200 mg/m^3 toluen under en arbetsdag och korttidsvärdet är 400 mg/m^3 (AFS 2005:17).

Enligt djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om hästhållning (DFS 2007:6 saknr L101 16§) får hästar i ett stall bara tillfälligt utsättas för luftföroreningar som överstiger följande värden: ammoniak 10 ppm, koldioxid 3000 ppm, svavelväte 0,5 ppm och organiskt damm 10 mg/m³. Luftvägarnas försvarsmekanism påverkas av ammoniak och svavelväte vilket kan leda till luftvägsproblem. Mängden koldioxid är ett mått på ventilationen, för höga nivåer indikerar dålig ventilation vilket tillsammans med organiskt damm predisponerar för luftvägssjukdomar.

Enligt 18§ (DFS 2007:6 saknr L101) får den relativa fuktigheten i värmeisolerade stallar inte annat än undantagsvis överstiga 80 procent såvida inte stalltemperaturen understiger 10°C. I sådana fall får den numeriska summan av stalltemperaturen och den relativa fuktigheten inte överstiga 90 %. Den relativa fuktigheten får inte annat än undantagsvis överstiga uteluftens relativa fuktighet med mer än 10 procentenheter i oisolerade stallar. Värme och fuktighet leder till en ökad tillväxt av mikroorganismer så som mögelsvampar och bakterier.

I ett stall ska samtliga hästar tillföras kontinuerlig tillförsel av frisk luft (DFS 2007:6 saknr L101). Ventilationen får aldrig strypas helt, det är av yttersta vikt för hästarnas hälsa att det finns tillräckligt med tilluft som distribuerar frisk luft till de utrymmen där hästarna hålls. Minimiventilationen är 50-100 m³/timme och häst (500 kg) och en varm sommardag bör den vara minst 300 m³/timme och häst.

Gödselhantering

Gödsel innehåller betydande mängder kväve, fosfor och kalium som behöver återföras till åkermarken för att förse växtligheten med näring (Steineck *et al.*, 2000). Redan i ströbädden bryts kvävet från hästens urin ned och ammoniak samt koldioxid avgår från urinen. Stallet måste därför ventileras för att föra ut framför allt ammoniak, som är en giftig gas. Kvävet i träck är däremot fastare bundet och frigörs långsammare än från urin. Olika strömaterial har olika förutsättningar att binda ammoniak, vilket är viktigt att ta hänsyn till när man väljer strömaterial eftersom miljön påverkas (Jakobsson *et al.*, 2001). Torvströ har lägre ammoniakförluster till skillnad från spån och halmströ. Under den tid, 6-10 månader, som gödsel inte får spridas på åkermark måste den lagras (Steineck *et al.*, 2000). Under lagringen av gödseln avgår ammoniak, uppemot 50 procent av kväveinnehållet kan försvinna upp i luften i form av ammoniak, vilket bidrar till försurning av mark och vattendrag. För att kunna sprida gödseln, om halm eller papper används som strö, är kompostering ofta nödvändig för att minska vikten och förändra strukturen på gödseln. Vid användandet av torv eller spån är kompostering inte alltid nödvändigt då den kan spridas ändå.

En häst på över 500 kg producerar 8-10 ton träck och urin per år, den totala mängden som landets hästar producerar årligen är ca 2 miljoner ton (Steineck *et al.*, 2000). Om lantbrukaren inte vill ta emot stallgödseln pga. sämre växtnäringsutnyttjande så erbjuder gödselbehandlingsföretag sina tjänster mot betalning. Oftast tar företagen betalt per m³ + transportkostnad (Gödselbehandlingen i Mälardalen ABs hemsida, 2009) vilket innebär höga hanteringskostnader.

Strömaterial

I ett stall ska hästens liggytor ge en god liggkomfort och vara försedda med strö eller vara konstruerade på ett sätt som ger motsvarande komfort (DFS 2007:6 saknr L101). Liggytorna ska hållas torra och rena. Strömaterialet ska vara av lämplig typ och ha god hygienisk kvalitet. För att vila optimalt (REM-sömn) behöver hästen ligga ner. Bädden ska vara tillräckligt tjock för att möjliggöra bekväm vila och för att suga upp urin så att ytan hålls torr. Den hygieniska

kvaliteten är viktig då hästar under stor del av dygnet står med mulen i fodret eller bädden. De exponeras för stora mängder mikroorganismer och damm som kan vara skadliga framför allt för luftvägarna om strömaterialet är av dålig hygienisk kvalitet. Strö används för att hålla hästen ren och för att minska innehållet av gödselgaser i stalluften (Airaksinen, 2006). Strömaterialets förmåga att absorbera ammoniak, hur mycket damm det avger, och mikrobiologiska kvalitet, påverkar stalluftens kvalitet och hälsan hos hästarna och stallpersonalen. För att minimera gödselvolymen är det en fördel om strömaterialet absorberar vätska bra och komposteras snabbt under gödsellagringen.

Ett nästintill dammfritt strömateriale är pappersströ som består av rivet tidningspapper och det innehåller även låga andelar mikroorganismer jämfört med andra strömateriale (Airaksinen *et al.*, 2001). Förmågan att absorbera urin är bra hos pappersströ vilket gör det lätt att ta bort urinfläckar vid mockning (Tanner *et al.*, 1997). Halm som strömateriale är bra ur beteendesynpunkt då den ger hästarna möjlighet att ägna sig åt födosöksbeteende under längre tid (Westman *et al.*, 2004). Den hygieniska kvaliteten hos halm varierar och är beroende av vädret vid skörd, hantering och lagring (Airaksinen *et al.*, 2001). Både ammoniak- och vattenabsorptionen samt kapaciteten att hålla lösligt kväve är dåligt hos halm. Även det höga innehållet av mikrober minskar värdet av halm som ett hygieniskt strömateriale för hästar.

Spån innehåller lägre andelar av mikrober än torv och halm (Airaksinen *et al.*, 2001). Spån som strömateriale har visat en minskning i antalet luftburna partiklar i stalluften jämfört med halm (Fleming *et al.*, 2008).

Torv har länge använts som strömateriale i djurstallar på grund av dess goda förmåga att binda vätska, skapa en torr djurmiljö och en bra gödselprodukt (Germundsson, 2006). Torv är inget enhetligt materiale och finns i ett flertal kvaliteter, bäst fungerar den svagt humifierade vitmossan *Sphagnum fuscum*. I torkad form kan den suga upp och hålla vätska upp till 12 gånger sin egen vikt, detta genom sin bevarade växtstruktur. Torv har lågt pH och hög katjonbyteskapacitet på grund av innehållet av huminsyror och kan ta upp och reversibelt binda stora mängder ammoniakkväve från urin och luft. Torvströ kan binda ammoniak mellan 1,5 och 3,5 % av sin torrsubstanshalt och har en betydligt bättre ammoniakbindande förmåga än halm. Torv absorberar all ammoniak med en relativ absorptionskapacitet på 100 % (Airaksinen *et al.*, 2001). För spån är den relativa ammoniakabsorptionen 44 %, för papper 52 % och för halm är den endast 4 %. Torv medför mindre kväveförluster och det behöver inte lagras utan kan spridas direkt och det är lättare att sprida än halmgödsel (Germundsson, 2006). Luften är friskare i ett stall med torvströ då ammoniakkoncentration är lägre vilket har positiv effekt på både djurs och människors hälsa. Nackdelen med torvströ är att om torrsubstanshalten överstiger 60 % tenderar dammängden att öka kraftigt. Rekommendationen är att använda torv med 50-60 % torrsubstanshalt.

Ett nytt strömateriale på marknaden är Ministrö® som består av pelleterat barrträd. Ministrö® utvecklades på grund av brist på fungerande strömateriale till hästar med luftvägsproblem (Torpe, 2009). Ministrö® är värmebehandlat vilket ska resultera i en mindre mängd mikroorganismer (Ministrö®s hemsida, 2009). Enligt tillverkaren ska materialet vara svamp- och mögelfritt, och mikroskopiska dammpartiklar har avlägsnats. Ministrö®et sägs även vara lättmockat och ha en stark antibakteriell effekt som minskar ammoniaklukten (Torpe, 2009). I Ministrö® är det tillsatt mineraler för att öka bindandet av ammoniak. När pelletsen läggs in tillsätts vatten vilket gör att Ministrö®et expanderar tre gånger sin egen volym och bildar en mjuk bädd i boxen. Strömaterialet ska fungera ungefär som kattsand när det gäller

absorption av fukt och urin, dvs. när materialet utsätts för fukt klumpar det ihop sig. Dagligen ersätts blöta kakor med ny Ministrö®pellets som absorberar kvarvarande fukt.

SYFTE

Syftet med projektet är att utvärdera stallmiljön vid användning av två olika strömaterial, torv och Ministrö®. Vilket strömaterial ger den bästa stallmiljön för både hästar och stallpersonal? Vilka för- och nackdelar finns med respektive strömaterial?

MATERIAL OCH METODER

Stall och hästar

Stallbyggnaden är byggd 1904 och inrymmer idag fem boxar varav tre används (bilaga 1). Stallet är 216 m² stort och har en takhöjd på 3,55 m. Boxarnas storlek är 13,7 m². Golvet i boxarna och även större delen av golvet i övriga stallutrymmet består av träplankor. Ventilationen kan beskrivas som naturlig med luftinsläpp under trägolvet. Hästarna utfodrades med hö i boxarna tre gånger per dag. Hästmaterialet bestod av två hästar och en ponny. Ingen av hästarna hade några synliga luftvägs- eller andra hälsoproblem. Hästarna släpptes ut på morgonen mellan 06.30-08.00 för att sedan tas in mellan 16.00–17.00 (bilaga 2).

Försöksupplägg

Undersökningen genomfördes under oktober och november månad (tabell 1). Innan försöken startades gjordes de planerade mätningarna på det dåvarande strömaterialet spån. Detta gjordes för att se hur maskinerna fungerade och veta hur de skulle placeras ut på bästa sätt. Provtagningsperioden för torv och Ministrö® var 4 veckor vardera. Innan det nya strömaterialet lades in tömdes boxarna på det gamla materialet. Mätningar utfördes under första och sista veckan med respektive strömaterial.

Tabell 1. Provtagningsdatum för respektive strömaterial och mätinstrument. P = P-trak, Q = Q-trak, D = Dust trak, P-skålar = Petriskålar för mätning av hästallergen, VOC = flyktiga organiska ämnen och Mikrobio. = Mikrobiologiskt prov

	Vecka	P	Q	D	P-skålar	VOC	NH ³⁺	Mikrobio.
Torv	1				6/10 - 12/10	6/10 - 7/10		6/10
	4				26/10 - 2/11	29/10 - 30/10	29/10	2/11
Ministrö®	1				2/11 - 10/11	2/11 - 3/11		2/11
	4				23/11 - 30/11	27/11 -28/11	27/11	27/11

Metoder och analyser

Under den första veckan med respektive strömaterial mättes partikelförekomst, koldioxid, temperatur, relativ luftfuktighet och halten flyktiga organiska ämnen (VOC). Alla mätinstrument användes i dubbel uppsättning, det vill säga i två boxar, som säkerhet i fall någon skulle gå sönder. Provtagningsinstrumenten placerades enligt bilaga 1. För att mäta mängden hästallergen placerades två petriskålar ut i varje fönster i de tre boxarna under de olika mätperioderna. För att kunna påvisa eventuell mikrobiell tillväxt i strömaterialet togs prov från nytt strömaterial och prov på ströet i slutet av respektive försöksperiod. Under den sista veckan med respektive strömaterial mättes samma parametrar som under första veckan med ett tillägg av mängden ammoniak.

För att mäta strömaterialets partikelavgivning användes två partikelmätare, P-trak (model 8525, TSI, Minnesota, USA) och Dust-trak (model 8520, TSI, USA). P-trak mätte ultrafina partiklar, 0,02-1 μm och Dust-trak mätte partiklar mindre än 10 μm . P-trak och Dust-trak placerades på boxväggen i båda boxarna så att provtagningsslangen hamnade ungefär en meter ovanför strömaterialet. Relativ luftfuktighet (RH %), temperatur och koldioxid (CO_2) loggades med en Q-trak (model 3550, TSI, USA) med loggintervallet 1 minut. Resultaten har separerats i dag och natt. Dagtid är stallet tomt medan nattetid är hästarna inne.

För att mäta flyktiga organiska ämnen (VOC) i stallmiljön användes pumpad provtagning. Pumparna (model KEMA No. Ex-94.C.7935, MSA Escort Elf Pump, Pennsylvania, USA) provtog under 24 timmar med ett flöde av 0.5 l/min. Adsorptionsröret som användes innehöll det aktiva kolet Anasorb 747 (SKC). Mätpunkten för VOC var ungefär en meter ovanför strömaterialet. De adsorberade ämnena på kolröret desorberades med 1 ml koldisulfid och analyserades med gaskromatograf (Agilent Technologies). En masspektrometer (Agilent Technologies) användes som detektor. Ämnena i provet separerades pga. olika affinitet till kolonnen, och i masspektrometern fragmenterades de till joner med hjälp av elektroner (Ericsson och Anundi, 2008). Det totala jonflödet registrerades i ett masspektrum, och eftersom ämnena sönderfaller på olika sätt kunde de identifieras vid jämförelse mot extern standard. Analyserna utfördes på Arbets- och miljömedicin, Akademiska sjukhuset, Uppsala.

Mätning av hästallergen utfördes genom att prov uppsamlades i petriskålar. Det sedimenterade dammet analyserades sedan med ELISA-teknik (monoclonal antikroppar från Mabtech AB, Stockholm, Sverige). Analyserna utfördes på Arbets- och miljömedicin, Akademiska sjukhuset, Uppsala. Hästallergen mättes i unit/m^2 och dag. 1 unit (u) är ekvivalent med 1 ng protein från ett extrakt gjort på hästhår och mjäll (Allergon, Valinge, Sweden). Detektionsgränsen för testet var 0,2 u/ml, vilket är ekvivalent med 3,57 u/m^2 och dag.

Analyser gjordes på strömaterialet för eventuell mikrobiologisk tillväxt. Proverna skickades iväg till Pegasus labb i Uppsala för analyser. För respektive strömaterialet togs slumpmässiga prov från flera ställen i boxarna. Proverna togs under den sista provtagningsveckan. Som kontroll användes nytt material. För kontrollen på Ministrö® togs pellets som laboratoriet blötte upp med rent vatten på plats enligt instruktioner. Mätningar gjordes på totala koncentrationen av luftburet och ytligt mögel och bakterier (Eurofins Enviroment Sweden AB).

Bäddens ammoniakavgång mättes i tre boxar med diffusionsprovtagare under 5-6 timmar. För att mäta bidraget från gödselstacken placerades även en mätare utomhus. Mätningarna utfördes under en av de sista dagarna under andra provveckan, dvs. vecka 4. Provtagarna placerades i mitten av boxen på en höjd mellan 60 och 70 cm. Mätningarna utfördes i omockade boxar, och från morgon till eftermiddag. Proverna analyserades på IVL, Svenska Miljöinstitutet, Göteborg, Sverige. Stallens luftflöde behövde mätas för att ammoniakavgången skulle kunna beräknas. Till detta användes en Photovac (Model 2020 Ex, PE Photovac, Kanada). Sprayning gjordes med aceton i stallet och med hjälp av Photovac mättes hur fort acetonet försvann ur utrymmet.

Strömaterialet och skötsel

I studien användes torv från RS-produkter AB och Ministrö® från Peter Ljungberg Horse training. Vid inläggning av torv fylldes varje box (3,7 x 3,7 m) med 9 säckar á 35 kg för att få

en bädd på 10 cm. Boxarna mockades rena från gödsel och till viss del urin en gång per dag. Vid behov fylldes det på med nytt material. Vid starten av perioden med Ministrö® lades det in 6 säckar á 16 kg i varje box. Materialet vattnades sedan med 5 liter vatten per säck enligt instruktioner (Ministrøs hemsida, 2009). Innan vattning var bädden ca 3 cm hög och växte sedan efter vattning till ca 8 cm. Vid mockning togs allt gödsel bort och en viss del urin. Där blött material tagits bort fylldes det på med ca 1 kg nytt material.

Statistiska analyser

De statistiska analyserna utfördes med programmet SAS, version 9.2, och utfördes av Tobias Nordquist på Arbets- och miljömedicin, Akademiska sjukhuset, Uppsala. För beräkning av CO₂ – data, användes en generell linjär modell använd med upprepade mätningar (tid) och B-spline kovariansmatris för att anpassa tidskurvorna. CO₂ är logaritmerat i modellen för att få bättre modellanpassning. Analyserna justerades för temperatur och luftfuktighet. För bearbetning av Dust-trak och P-trak data användes Poisson-regression med log-länk och Pearson´s skal-parameter (översatt från: Scale Parameter). Medelvärde av temperatur och luftfuktighet över varje tidsserie användes för justering.

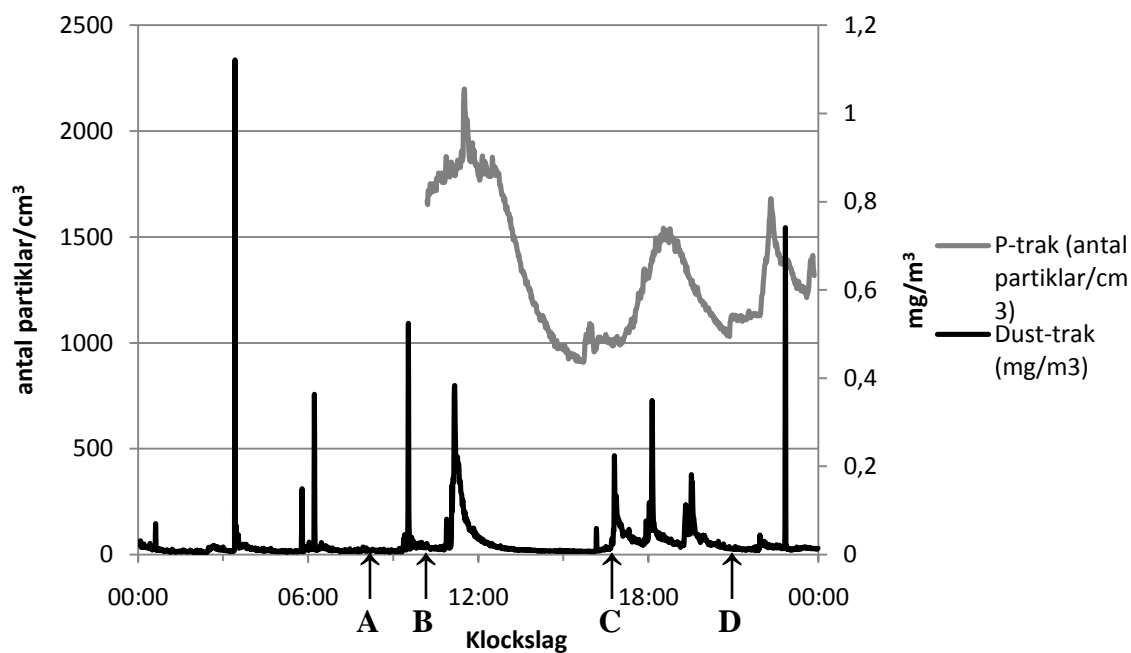
RESULTAT

Det fanns ingen signifikant skillnad mellan de olika strömmaterialen vad gäller partiklar <10 µm och efter en justering för temperatur och relativ luftfuktighet skiljer sig värdena ännu mindre åt (tabell 2). För ultrafina partiklar (0,02-1 µm) fanns det en signifikant skillnad mellan Ministrö® och torv där Ministrö® genererar mindre mängd ultrafina partiklar. Vid justering för temperatur och relativ luftfuktighet fanns det ingen signifikant skillnad mellan materialen.

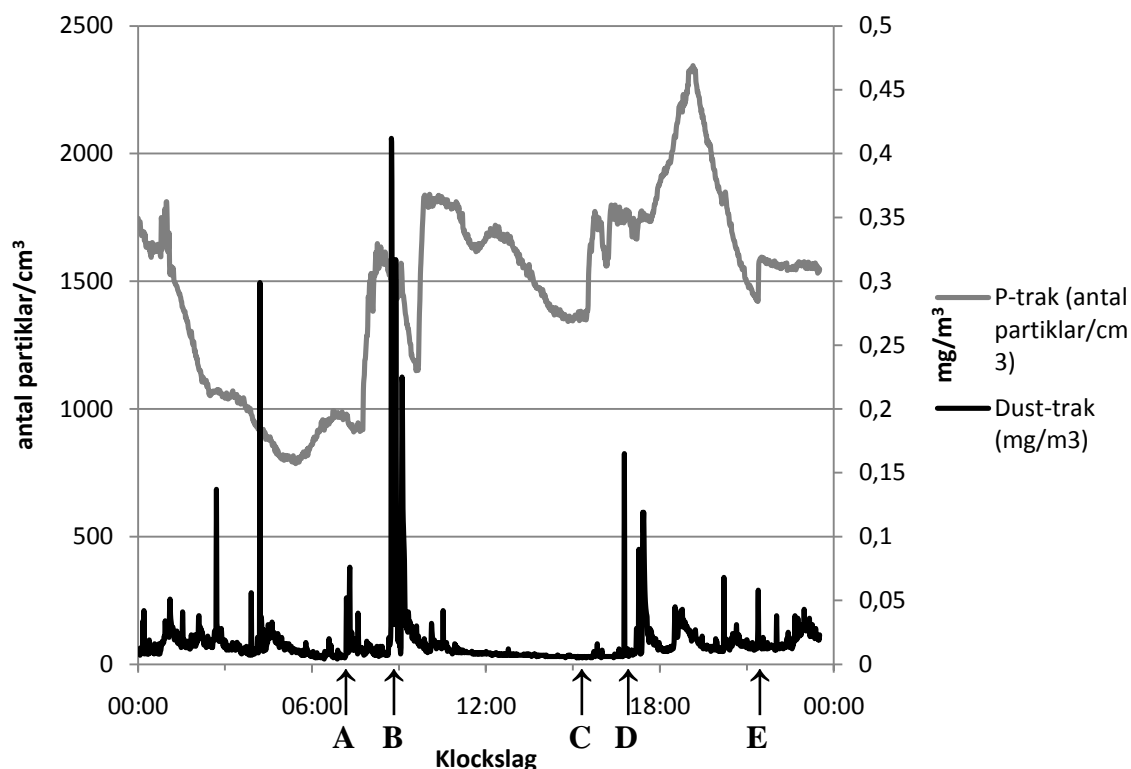
Tabell 2. Uppskattade medelvärden (LSM ± SE) för partiklar <10 µm och ultrafina partiklar. De justerade värdena är korrigerade för relativ luftfuktighet och temperatur. *P < 0,05

	Partiklar <10 µm (mg/m ³)		Ultrafina partiklar (partiklar/cm ³)	
	Ojusterat	Justerat	Ojusterat	Justerat
Spån	0,0181 ± 0,2044	0,0172 ± 0,2398	-	-
Torv	0,023 ± 0,5240	0,0226 ± 0,1071	3818,516 ± 0,0417*	1338,995 ± 0,1425
Ministrö®	0,0265 ± 0,1013	0,0274 ± 0,1308	1207,312 ± 0,1841*	1277,303 ± 0,1061

Figur 1 och 2 visar partikelförekomsten under ett helt dygn för torv vecka 4 respektive Ministrö® vecka 4. I figur 1 saknas vissa data från P-trak på grund av fel vid nerladdning av data från instrumentet. Graferna visar hur partikelhalten varierar med aktiviteter i stallet. P-trak mäter ultrafina partiklar vilka ligger kvar i luften längre efter aktivitet än Dust-trak som mäter större partiklar vilka sjunker fortare tillbaka till basnivån.



Figur 1. P-trak och Dust-traks loggade mätningar över ett dygn (30/10) under torv v4. A = utsläpp av hästar, B = aktivitet i stallet, C = insläpp av hästar, D = kvällsfodring.



Figur 2. P-trak och Dust-traks loggade mätningar över ett dygn (27/11) under Ministrö® v4. A = utsläpp av hästar, B = mätningar i stallet, C = aktivitet i stallet, D = insläpp av hästar, E = kvällsfodring.

Medelvärden för partiklar $<10\mu\text{m}$ låg relativt konstant och redovisas i tabell 3. Minimivärdena låg även de förhållandevis konstant medan maxvärdena varierade mellan 0,36 och $7,30\text{ mg/m}^3$.

Tabell 3. Partiklar <10µm (mg/m³) för respektive strömmaterial

	Standardavvikelse				
	Median	Medel	(SD)	Max	Min
Spån natt	0,025	0,021	0,027	0,361	0,001
Spån dag	0,006	0,013	0,031	0,618	0,001
Torv v 1 natt	0,014	0,021	0,060	2,758	0,000
Torv v 1 dag	0,005	0,016	0,052	1,362	0,001
Torv v 4 natt	0,012	0,024	0,044	1,121	0,000
Torv v 4 dag	0,013	0,022	0,030	0,524	0,001
Ministrö® v 1 natt	0,031	0,042	0,120	7,300	0,012
Ministrö® v 1 dag	0,031	0,045	0,060	1,174	0,012
Ministrö® v 4 natt	0,019	0,024	0,029	0,763	0,003
Ministrö® v 4 dag	0,012	0,019	0,026	0,522	0,005

dag = hästar ute

natt = hästar inne

Olika värden för ultrafina partiklar redovisas i tabell 4. Utmärkande är medelvärden och minimivärden för torv vecka 1.

Tabell 4. Antalet ultrafina partiklar (partiklar/cm³) för respektive strömmaterial

	Median	Medel	SD	Max	Min
Torv v 1 natt	3880	3989	541	5720	2160
Torv v 1 dag	4510	4525	154	4960	4010
Torv v 4 natt	1347	1492	492	5329	880
Torv v 4 dag	1829	1956	773	3279	769
Ministrö® v 1 natt	1301	1561	865	4190	421
Ministrö® v 1 dag	1846	1945	868	3347	503
Ministrö® v 4 natt	1291	1334	459	2702	657
Ministrö® v 4 dag	1201	1227	322	2217	646

Vid analys av de uppskattade medelvärdena för CO₂ över hela perioden (dag och natt) fanns det ingen signifikant skillnad mellan de olika strömmaterialen. Halten CO₂ för de olika strömmaterialen redovisas i tabell 5. Medeltemperaturen i stallet var under hela försöket relativt konstant (tabell 10, bilaga 4) och medelvärdet för den relativa luftfuktigheten varierade mellan ungefär 70 och 90 % (tabell 11, bilaga 4).

Tabell 5. Halten CO₂ (ppm) under de olika provtagningsperioderna

	Median	Medel	SD	Max	Min
Spån natt	439	466	101	842	279
Spån dag	293	302	27	445	274
Torv v 1 natt	444	473	105	841	286
Torv v 1 dag	315	339	72	747	285
Torv v 4 natt	524	557	178	1374	315
Torv v 4 dag	363	392	81	710	310
Ministrö® v 1 natt	478	494	131	900	316
Ministrö® v 1 dag	347	424	169	967	297
Ministrö® v 4 natt	597	587	103	876	315

Ministrö® v 4 dag 345 367 68 736 312

Ministrö® uppvisade högre mängd av samtliga flyktiga organiska ämnen än torv under båda provtagningsveckorna (tabell 6). Under vecka 1 hade Ministrö® 120 gånger högre mängd α -pinen än torv och en 150 gånger högre mängd δ -karen. Till vecka 4 sjönk samtliga värden och minskningen var störst vad gäller Ministrö®. δ -limonen detekterades endast i Ministrö®.

Tabell 6. Medelvärden över mängden flyktiga organiska ämnen (VOC)

	Spån	Torv v1	Torv v4	Ministrö® v1	Ministrö® v4
Toluen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,30	4,63	1,63	8,67	2,01
α-pinen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3,56	2,86	2,10	360,92	13,92
δ-karen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,21	1,88	1,72	288,43	8,59
δ-limonen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<dl	<dl	<dl	31,92	1,07

dl = detektionsnivå

Nivåerna för mängden hästallergen i stallet (tabell 7) visade en tendens till högre värden för Ministrö® och spån jämfört med torv.

Tabell 7. Mängden hästallergen ($\text{Ku}/\text{m}^2/\text{dag}$) deponerat på yta vid användande av olika strömmaterial i stallet

	Medelvärde	SD	Max	Min
Spån	5000	4700	10300	1200
Torv v 1	2800	1200	4200	1800
Ministrö® v 1	6500	5100	12000	1900
Ministrö® v 4	5700	2800	8500	2900

De mikrobiologiska analyserna (tabell 8) på de olika strömmaterialen visade att oanvänt ministrö® innehöll inga oacceptabla halter av mikroorganismer till skillnad mot oanvänt torv och spån som innehöll alltför höga halter av mikroorganismer. Efter fyra veckor innehöll samtliga strömmaterial alltför höga halter av mikroorganismer, men ministrö® hade en tiopotens lägre andel av totalantalet bakterier samt totalantalet svampar än torv och spån.

Tabell 8. Antalet bakterier, svampar och påvisade ekologiska grupper i oanvänt material (kontroll) och efter fyra veckor. fv = förhöjda värden, kfv = kraftig förhöjda värden, nvf = något förhöjda värden, nv = normal värden (definitioner se bilaga 3)

	Kontroll spån	Spån	Kontroll torv	Torv	Kontroll Ministrö®	Ministrö®
Bakterier - totalantal (per g)	2,0x10 ⁸ (kfv)	4x10 ¹⁰ (kfv)	1,3x10 ⁹ (kfv)	1,0x10 ¹¹ (kfv)	3,3x10 ⁵ (nv)	4,7x10 ⁹ (kfv)
Bakterier - odlingsbart antal (per g)	1,9x10 ⁸ (kfv)	4x10 ¹⁰ (kfv)	1,7x10 ⁸ (kfv)	1,0x10 ¹¹ (kfv)	3,6x10 ² (nv)	1,4x10 ⁹ (kfv)
Bakterier - odlingsbar andel (%)	93	100	13	100	<1	29
Termofila bakterier - odlingsbart antal (per g)	1,4x10 ⁴	3,3x10 ³	82	2,2x10 ³	21	20

Svampar - totalantal (per g)	1,4x10 ⁸ (kfv)	2,4x10 ⁷ (kfv)	8,5x10 ⁶ (fv)	7,7x10 ⁷ (kfv)	3,3x10 ⁵ (nfv)	8,3x10 ⁶ (fv)
Svampar - odlingsbart antal (per g)	1,4x10 ⁸ (kfv)	1,7x10 ⁶ (kfv)	8,2x10 ⁶ (kfv)	3,4x10 ⁷ (kfv)	<21 (nv)	7,8x10 ⁶ (kfv)
Svampar - odlingsbar andel (%)	100	7	95	45	Ej applicerbart	93
Termofila svampar - odlingsbart antal (per g)	9,3x10 ⁶	2,6x10 ³	1,4x10 ⁶	4,9x10 ⁴	<21	2,2x10 ³
Påvisade ekologiska grupper	Aspergillus fumigatus	Aspergillus fumigatus	Aspergillus spp	Blandflora	Blandflora	Aureobasidium
	Aspergillus spp	Aspergillus spp	Blandflora	Cladosporium		Blandflora
	Blandflora	Blandflora	Jäst	Jäst		Jäst
	Dematiaceous hyphomycetes	Cladosporium	Paecilomyces	Mucor		Mucor
	Jäst	Eurotium	Pencillium spp	Paecilomyces		Pencillium spp
	Paecilomyces	Jäst	Stachybotrys	Pencillum		Streptomyces
	Pencillium chrysogenum	Paecilomyces chrysogenum	Trichoderma	Streptomyces		
	Pencillium spp	Pencillium spp				
		Streptomyces				

Luftflödet i stallet var 23 m³ per minut, dvs. 1380 m³ per timme. Medelvärdet av ammoniakavgången (tabell 9) från de tre boxarna visade att torv hade ca fyra gånger mindre ammoniakavgång än Ministrö®. Bidraget av ammoniak från gödselstacken låg vid båda provtagningsförsöken runt 500 ppb.

Tabell 9. Medelvärde av ammoniakavgången från respektive strömmaterial samt utanför stallet

	Ammoniak (ppb)
Torv	744.4
Ute (torv)	497.4
Ministrö	2830.9
Ute (ministrö)	487.2

DISKUSSION

Hästar är mycket känsliga för dålig luftkvalitet, om närmiljön (luft, foder, strömmaterial) är av dålig hygienisk kvalitet kan kroniska förändringar i lungorna uppträda. För partiklar <10µm i stalluften fanns ingen signifikant skillnad mellan spån, torv och Ministrö® (tabell 2). Spån tenderar att ge upphov till mindre partikelförekomst. Ultrafina partiklar registrerades bara för torv och Ministrö®. Data från mätningarna med P-trak raderades innan de hann överföras till

en datafil därför saknas resultat från mätningar av spån. Detta gjorde att vissa mätningar inte kunde användas och jämföras med. Innan justering för temperatur och luftfuktighet fanns signifikanta skillnader. Resultaten visar att torv genererar en högre förekomst av ultrafina partiklar men efter justering var skillnaden inte längre signifikant. Temperaturen var relativt konstant under hela försöksperioden medan det förekom större fluktuationer i luftfuktighet (tabell 10, 11). Under första provtagningsveckan med torv var luftfuktigheten lägre än under övriga veckor. Utmärkande för denna vecka var även höga värden för ultrafina partiklar (tabell 4). Minimivärden för torv första veckan ligger även de högre än de övriga veckorna. Troligen är det inte typen av strömmaterial utan luftfuktigheten som påverkar partikelhalten mellan den första veckan och övriga veckor. Detta styrks av att värdena för torv vecka 4 och veckorna med Ministrö® inte skiljer sig nämnvärt. Högre luftfuktighet innebär att mer damm blir bundet. En annan bidragande orsak till skillnaderna mellan vecka 1 och 4 med torv kan vara att bädden stabiliserar sig med tiden och därmed dammar mindre.

Figur 1 och 2 visar att aktiviteter i stallet, såsom utsläpp och insläpp av hästar, mockning och fodring påverkar partikelförekomsten vilket inte är oväntat. Vid aktivitet som t.ex. utsläpp syns toppar för de båda partikelstorlekarna. Skillnaden är att de större partiklarna lägger sig snabbare medan de mindre partiklarna finns kvar i luften längre. De ultrafina partiklarna är så pass lätta att de kan finnas kvar i luften flera timmar. Efter utsläpp och mockning på morgonen ligger partiklarna kvar i luften vilket kan vara en anledning till att median- och medelvärden tenderar att vara högre under dagen (tabell 4).

Det mest utmärkande värdet för partiklar $<10\mu\text{m}$ (mg/m^3) är maxvärdet som låg på $7,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ och uppmättes under första veckan med Ministrö® (tabell 3). Det höga värdet kan tros uppkomma precis efter att materialet lagts in, men då data saknas från första dygnet är så inte fallet. Det är bara en tillfällig topp under några minuter och skulle kunna bero på flera saker, t.ex. att en häst rört sig precis vid mätinstrumentet.

Det fanns ingen signifikant skillnad i CO_2 -halt mellan strömmaterialen (tabell 5). Det fanns en tendens till att CO_2 -nivåerna var högre vid användandet av torv. Torv hade redan vid inläggning, ett högre innehåll av bakterier vilket kan ha bidragit till de högre nivåerna av koldioxid. Även om halten steg under natten, uppmättes inga värden som överskred gränsvärdet på 3000 ppm (DFS 2007:6 saknr L101 16§).

Gränsvärden för de flyktiga organiska ämnena, α -pinen, δ -limonen, δ -karen och toluen finns dokumenterade för människor men ej för häst. Olika träslag innehåller olika sammansättning av terpenier (Kemikalieinspektionens hemsida, 2009). Vid torkning och värmebehandling av träprodukter frigörs en stor del av terpenerna från träet (Granström, 2005). Nästan alla av de återstående terpenerna försvinner vid ytterligare processning, så som pelletering. Ministrö® är både värmebehandlat och pelleterat, trots detta innehöll det 120 gånger högre mängd α -pinen än torv och 150 gånger högre mängd δ -karen under vecka 1 (tabell 6). δ -limonen kunde endast detekteras vid användning av Ministrö®. Värdena för de flyktiga organiska ämnena sjönk mellan vecka 1 och vecka 4 för samtliga strömmaterial. Studier som gjorts på människor som arbetar inom träindustrin och utsätts för mer än $150 \text{ mg}/\text{m}^3$ av terpenerna α -pinen och δ -karen, visar på att de riskerar att få kroniska luftvägsproblem (Eriksson *et al.*, 1997). Limonen har en hudirriterande effekt och vid inhalation av $450 \text{ mg}/\text{m}^3$ har en liten minskning i lungornas volym och funktion (vitalkapacitet) observerats (Karlberg och Lindell, 1993). Toluén kan orsaka skador på centrala nervsystemet och påverka hjärtlungfunktionen (eMedicines hemsida). Även om halten flyktiga organiska ämnen var högre för Ministrö® än för torv är det inget som är nära något gränsvärde.

När det gäller mängden hästallergen i stallet fanns det en tendens till att torven gav upphov till mindre hästallergen i stalluften än vad Ministrö® och spån gjorde (tabell 7). Det naturliga vore om mängden hästallergen var ett mått på partikelförekomsten i luften. Vid jämförelse med halten partiklar <10 µm (tabell 2 och 3) skulle det möjligen kunna bero på ett sådant samband, eftersom halten partiklar <10 µm var lägre för torv än för Ministrö®. Dock är skillnaden marginell och inte signifikant. För de ultrafina partiklarna gällde det omvända. Kanske är de för små för att hästallergen ska binda till dem. Petriskålarna som användes för uppsamling av sedimenterat damm innehöll föroreningar vilket kan ha påverkat resultatet. Tiden petriskålarna stod uppe varierade något mellan provtagningsomgångarna. En annan möjlig orsak till den lägre halten hästallergen under vecka 1 med torv kan ha varit skillnaden i luftfuktighet jämfört med under de veckor Ministrö®et användes. Veckan som mätningarna gjordes på torven var luftfuktigheten lägre än den var de veckor när mätningar gjordes på Ministrö®et. Teoretiskt skulle det fuktiga vädret kunnat påverka resultatet via bl.a. att det ofta medförde att hästarna var blöta när de togs in i stallet på eftermiddagen. Det som talar emot båda ovanstående förklaringar är att vid användande av spån var mängden hästallergen högre än för torven, men spånet hade både en tendens till lägre halt partiklar <10 µm, än torv och Ministrö®, och dessutom var luftfuktigheten under dagarna med spån jämförbar med luftfuktigheten under veckan med torv.

Kontrollmaterialet för torv innehöll kraftigt förhöjda värden av bakterier och svampar redan innan användning vilket kan bero på att torv är ett levande material och inga bakterier eller svampar har avdödats på mekanisk väg. Att kontrollen för spån däremot också har kraftigt förhöjda värden tycks vara mer oväntat eftersom mikroorganismerna till stor del borde ha avdödats vid processningen. Värdena för kontrollmaterialet av Ministrö® var i jämförelse med torv och spån låga. Torv innehöll 4000 gånger mer bakterier och 25 gånger mer svamp än Ministrö® och spån innehöll 600 gånger mer bakterier och 400 gånger mer svamp. Efter fyra veckor var skillnaderna betydligt mindre. Ministrö® påstås vara svamp och mögelfritt vilket inte bevisades av dessa analyser då kontrollen innehöll mikroorganismer om än normala värden. Efter fyra veckor var dock värdena kraftigt förhöjda. Eftersom hästar har levande mikroorganismer i sin träck, är det inte så förvånande att totalantalet blir högre efter några veckor. Fodret kan också ha bidragit till totala antalet mikroorganismer om än inte till lika betydande del som träcken.

Resultatet i denna studie visar att det avges ca fyra gånger mindre ammoniak från torvbädden än vad det gör från Ministrö® (tabell 9). Torv har visat sig i tidigare studier (Airaksinen et al, 2001) ha en bra absorptionskapacitet av ammoniak. Det är positivt med en låg ammoniakavgång då luften i stallet blir friskare och hälsosammare både för djur och människor. Bidraget av ammoniak från gödselstacken till stallet låg på samma nivå och påverkade därmed nivåerna lika mycket under provtagningarna. Nivåerna av ammoniak vid båda mätningarna låg under gränsvärdet på 10 ppm.

Eftersom gödselhantering kan innebära höga kostnader för en hästägare är det oftast önskvärt med ett strömmaterial som genererar en minimerad mängd gödsel. Torv är ur detta perspektiv positivt att använda då det genererar mindre gödselmängd jämfört med halm och spån (Airaksinen *et. al.*, 2001). Mängden gödsel och strö som var nödvändigt att mocka ur för att hålla en ren bädd under försöksperioden, uppskattades som jämbördig från de båda strömmaterialen. Båda strömmaterialen fungerade bra som strömmaterial till häst, men de hade olika för- respektive nackdelar. Torv gjorde att stallet upplevdes mörkare, samt att det var svårare att urskilja gödseln i torv. Torv bedömdes vara mer ”tungmockat” till skillnad mot Ministrö®. Ministrö® var enklare att frakta hem och eftersom det tar en mindre plats krävs

mindre utrymme för lagring. Luftkvaliteten tycktes vara bättre vid torvanvändning jämfört med Ministrö®användning. Att Ministrö® skulle vara likvärdigt med att göra rent en kattlåda bedömdes dock inte stämma. En orsak skulle kunna vara att de hästar som användes i försöket rörde sig mycket i boxarna, vilket gjorde att gödsel och urin spreds ut. Bedömningen kan möjligen därför bli annorlunda med andra hästar.

För att få säkrare resultat borde studien ha gjorts på fler boxar än två och vad som kan ha påverkat våra mätresultat något, var att samma maskiner inte kunde användas vid alla mätningar. Detta på grund av att de gick sönder eller att de var uppbokade på annat. Vid fel på maskinerna så berodde det på att de inte loggade som de skulle och resultat uteblev vid den mätpunkten. Vid uppbokade maskiner skedde mätningarna periodvis bara i en box vilket kan ha påverkat resultatet. Viss skillnad finns mellan olika maskiner av samma modell. För att minska denna felkälla analyserades alla data från en och samma maskin så långt det gick. Skulle försöket upprepas hade troligen resultaten blivit mer tillförlitliga om man under samma period haft de båda strömmaterialen fast i olika boxar. Då har de samma förutsättningar och påverkas inte av att yttre faktorer skiljer sig mellan perioderna. Ett problem kan dock vara att partiklar från båda materialen detekteras och som sedan inte går att skilja åt.

SLUTSATS

Samtliga uppmätta värden för torv och Ministrö® låg under gränsvärdena och inga signifikanta skillnader vad gäller partikelförekomst kunde ses. Torv tenderar dock att ge en bättre stallmiljö pga. högre ammoniakabsorption samt lägre nivåer av flyktiga organiska ämnen.

TACK TILL

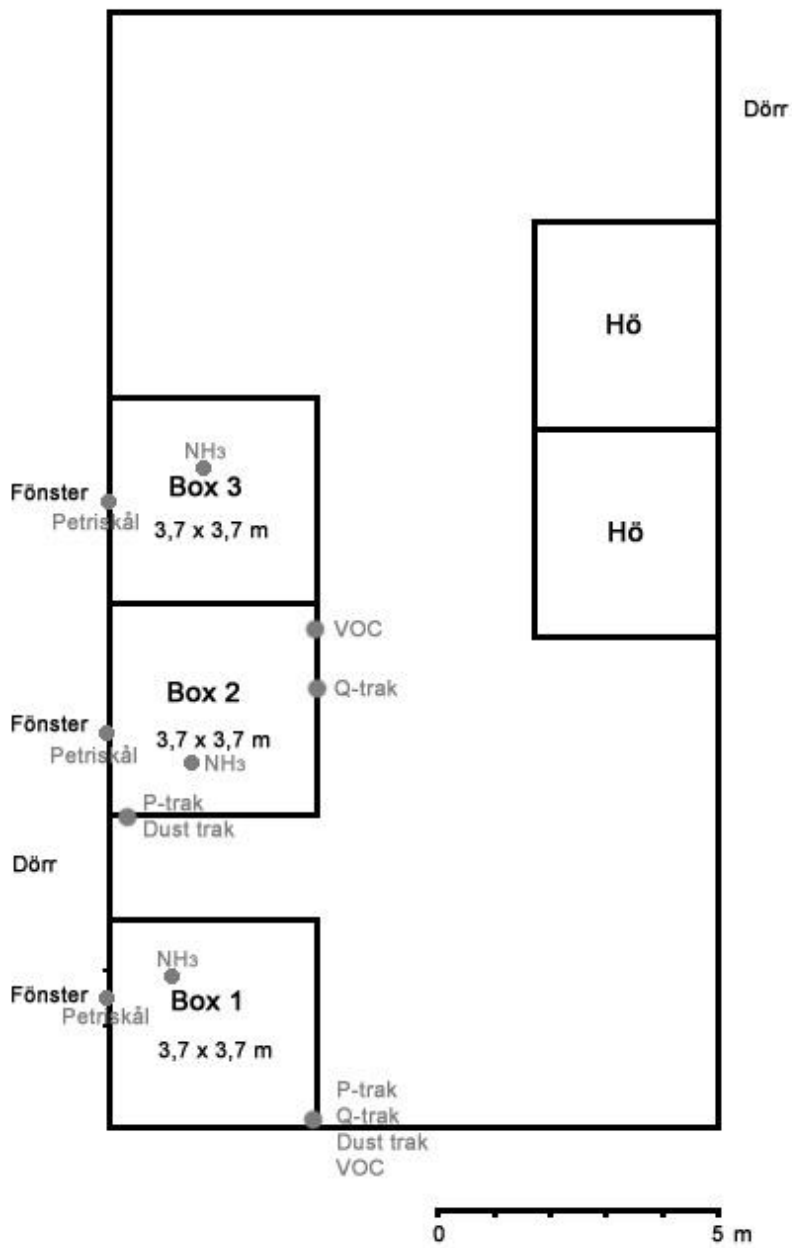
Ett stort tack till vår projektbeställare Lena Elfman för all hjälp genom projektets gång. Vi vill även rikta ett stort tack till Susanne Bohlin för all hjälp i stallet och på laboratoriet. Tack till RS-produkter för sponsring med torv samt tack till Gro Torpe, Gro Torpe Hest og Hobbydyr AS och Anna Axelsson, Peter Ljungbergs Horsetraining för sponsring med Ministrö®. Tack för handledning Anders Larsolle och Niklas Adolfsson. Tack för hjälpen med statistiken Tobias Nordquist och Helena Anundi för analys av VOC. Tack Mabtech AB, Stockholm, för bidragande med antikroppar till analysen av hästallergen. Tack Pegasus labb i Uppsala för bidragande med analyser av mikrobiologiska prover.

REFERENSER

- Airaksinen, S., Heinonen-Tanski, H., Heiskanen, M-L. 2001. Quality of different bedding materials and their influence on the compostability of horse manure. *Journal of equine veterinary science*, 21, 125-130.
- Airaksinen, S. 2006. Bedding and manure management in horse stables. Department of environmental sciences. University of Kuopio.
- Arbetsmiljöverket, 2005, Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar, Rapport AFS 2005:17.
- Clarke, A. 1987. Air hygiene and equine respiratory disease. *Equine Practice*, 9, 196-204.
- Clements, J. M., Pirie, R. S. 2006. Respirable dust concentrations in equine stables. Part 1: Validation of equipment and effect of various management system. *Res Vet Sci*, 83, 256-262.

- Djurskyddsmyndigheten, 2007, Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om hästhållning, Rapport DFS 2007:6 saknr L101.
- Ericsson, C-G., Anundi, H. 2008. Undersökning av luftföroreningar vid användning av syntetisk diesel jämfört med MK1 diesel – litteraturgenomgång och exponeringsmätningar. Rapport nr. 2008/6. Arbets- och miljömedicin, Uppsala.
- Eriksson, KA., Levin, JO., Sandström, T., Lindström-Espeling, K., Linden, G., Stjernberg, NL. 1997. Terpene exposure and respiratory effects among workers in Swedish joinery shops. *Scand J Work Environ Health*, 23, 114-120.
- Fleming, K. Hessel, E. F., Van den Weghe, H. F. A. 2008. Generation of airborne particles from different bedding material used for horse keeping. *Journal of Equine Veterinary Science*, 28, 408-418.
- Germundsson, C. 2006. Strötorvsanvändning i djurstallar. Examensarbete SLU, institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi.
- Granström, K. 2005. Emissions of volatile organic compounds from wood. Doktorsavhandling Karlstad Universitet.
- Holcombe, S. J., Jackson, C., Gerber, V., Jefcoat, A., Berney, C., Eberhardt, S., Robinson, N.E. 2001. Stabling is associated with airway inflammation in young Arabian horses. *Equine veterinary journal*, 33, 244-249.
- Jakobsson, C., Karlsson, S., Steineck, S., Svensson, L., Tersmeden, M. 2001. Miljöanpassad hantering av hästgödsel, 2000, JTI, 1-11.
- Karlberg, A-T. 1993. 107. Limonen. *Arbete och hälsa, vetenskaplig skriftserie. Arbets och miljö institutet. 1993:14*
- McGorum, B. C., Pirie, R. S. 2002. Aetiological agents: indoor environment and endotoxin. *Havemeyer foundation monograph*, 9, 27-29.
- Mehammer, T. 2005. Temporär eosinofili i lungsköljprov hos häst. Examensarbete SLU, Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap.
- Schwartz, D. A. 2001. Does inhalation of endotoxin cause asthma? *American journal of respiratory and critical care medicine*, 163, 305-306.
- Steineck, S., Svensson, L., Jakobsson, C., Karlsson, S., Tersmeden, M. 2000. Hästar/Gödselhantering. Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Tanner, M. K., Swinker, A. M., Traub-Dargatz, J. L., Stiffler, L. A., McCue, P. M., Vanderwall, D. K., Johnson, D. E., Vap, L. M. 1998. Respiratory and environmental effects of recycled phone book paper versus sawdust as bedding for horses. *Equine Nutrition and Physiology Society Annual Symposium*, 18, 468-467.
- Westman, I., Svensson, J., Lundberg, M., Rundgren, M. 2004. Påverkar val av strömedel hästens beteende? SLF Rapport, 68.
- eMedicines hemsida [<http://emedicine.medscape.com/article/818939-overview>] avläst 2009-12-15
- Gödsel förädling i Mälardalen ABs hemsida [www.godsselforadling.se] avläst 2009-11-02.
- Jordbruksverkets hemsida [www.jordbruksverket.se/annesomraden/djur/hastar/stallmiljo.4.1cb85c4511eca55276c80002415.html] avläst 2009-11-09
- Kemikalieinspektionens hemsida [<http://apps.kemi.se/flodessok/floden/kemamne/terpentin.htm>] avläst 2009-12-14.
- Ministrö@s hemsida [<http://www.horsetraining.se/ministro.htm>] avläst 2009-10-29
- Ministrø@s hemsida [www.ministro.no] avläst 2009-11-24
- Torpe G, Gro Torpe Hest og Hobbydyr AS. 64864502, spar@ministro.no, personligt meddelande 2009-11-02.

BILAGA 1



Figur 1. Ritning över stallet med mätpunkter.

BILAGA 2.

Anteckningar om tidpunkt och vad som gjorts i stallet. Aktivitet = mockning, sopning av stallgång, borstning av hästar och liknande

Spån

Fre 2/10

15.45-16.36 Startade maskinerna
17.30-18.30 Insläpp + aktivitet
20.00 Kvällsfodring

Lör 3/10

8.00-10.00 Utsläpp + aktivitet
16.20 Insläpp
17.30 Aktivitet
22.15 Kvällsfodring (+fyllde på med spån)

Sön 4/10

7.00 Utsläpp + aktivitet
14.30 Aktivitet
16.00 Insläpp
20.00 Kvällsfodring

Mån 5/10

7.00 Utsläpp + aktivitet
17.30 Insläpp
19.45-21.10 Aktivitet

Torv – 1:a provveckan

Tis 6/10

7.00 Utsläpp
10.30-12.30 Aktivitet
13.00-16.00 Tömde boxarna på spån och la in torv
16.20 Insläpp
21.00 Kvällsfodring

Ons 7/10

7.00 Utsläpp + aktivitet
17.00-18.10 Insläpp + aktivitet
21.00 Kvällsfodring

Tors 8/10

7.00 Utsläpp + aktivitet
lunch Hovslagaren
16.00-17.15 Insläpp + aktivitet
20.35-21.15 Kvällsfodring + aktivitet

Fre 9/10

6.20 Utsläpp
16.40-19.00 Insläpp + aktivitet
22.00 Kvällsfodring

Lör 10/10

8.15 Utsläpp + aktivitet
14.45-16.15 Aktivitet
21.15 Kvällsfodring

Sön 11/10

6.30 Utsläpp + aktivitet
15.50 Insläpp + aktivitet
20.00-21.00 Kvällsfodring + aktivitet

Mån 12/10

6.30 Utsläpp + aktivitet
7.15 Aktivitet
8.00 Maskinerna stängdes av

Torv – 2:a provveckan

Mån 26/10

7.00 Utsläpp
8.00 Startade maskinerna
10.15 Aktivitet
16.30 Insläpp
19.00-20.30 Kvällsfodring + aktivitet

Tors 29/10

8.00-10.30 Utsläpp + aktivitet
16.00-16.50 Insläpp + aktivitet
22.15-22.50 Kvällsfodring

Fre 30/10

8.00-10.05 Utsläpp + aktivitet
14.55-17.00 Insläpp + aktivitet
20.45 Kvällsfodring

Lör 31/10

8.10-9.50 Utsläpp + aktivitet
11.10-12.50 Aktivitet
17.30 Insläpp
21.20 Kvällsfodring

Sön 1/11

6.30 Utsläpp + aktivitet
15.50-18.00 Insläpp + aktivitet
20.00 Kvällsfodring

Ministrö® – 1:a provveckan

Mån 2/11

6.30 Utsläpp + aktivitet
13.00-16.30 Tog ut torv och la in Ministrö®
16.30 Insläpp
21.15 Kvällsfodring

Tis 3/11

6.30 Utsläpp + aktivitet
16.00 Insläpp + aktivitet
22.00 Kvällsfodring

Ons 4/11

6.30 Utsläpp + aktivitet
14.45-16.20 Insläpp+Aktivitet
21.00 Kvällsfodring

Tors 5/11

8.00 Utsläpp + aktivitet
16.00 Insläpp + aktivitet
21.20 Kvällsfodring

Fre 6/11

6.10 Utsläpp + aktivitet
15.30 Insläpp + aktivitet
20.20 Kvällsfodring

Lör 7/11

8.10-9.15 Utsläpp + aktivitet
20.00 Kvällsfodring

Sön 8/11

7.00 Utsläpp + aktivitet
8.00-9.30 Aktivitet
16.15 Insläpp
18.15-18.50 Aktivitet
20.10 Kvällsfodring

Mån 9/11

7.00 Utsläpp + aktivitet
14.30-16.20 Insläpp + aktivitet
20.00 Kvällsfodring

Tis 10/11

7.00 Utsläpp + aktivitet
8.30 Stängde av maskinerna

Ministrö® – 2:a provveckan

Mån 23/11

Fm. Alla apparater sattes upp
16.00 Insläpp
20.35 Kvällsfodring

Tis 24/11

6.30 Utsläpp + aktivitet
7.30 Aktivitet

16.35 Insläpp
20.30-21.30 Aktivitet + kvällsfodring

Ons 25/11

6.30 Utsläpp + aktivitet
16.00-16.25 Insläpp + aktivitet
16.32 slog av p-trac box 2 (in över natten)
21.05-21.20 Kvällsfodring + aktivitet

Tors 26/11

7.30 Fodring inne
9.00 Mockning + hovslagare
ca 17.00 Insläpp
Kvällsfodring

Fre 27/11

7.25 Utsläpp
9.00 Mätningar (ammoniak, luftkvalitet)
15.25-16.15 Aktivitet
17.00 Insläpp + aktivitet
21.25 Kvällsfodring

Lör 28/11

8.15-9.15 Utsläpp + aktivitet
17.00 Insläpp + aktivitet
20.40-21.40 Kvällsfodring + aktivitet

Sön 29/11

7.00 Utsläpp + aktivitet
9.30-10.10 Aktivitet
15.45 Insläpp
20.30 Kvällsfodring

Mån 30/11

6.30 Utsläpp + aktivitet
7.42 Slog av P-trac (box 1), Dust-trac (box 1+2)
16.00 Slog av Q-trac (box 1+2)

BILAGA 3.

Definitioner till Tabell 8. Källa: Pegasus lab

Normal förekomst: Provet innehåller de mängder som man kan finna i oskadat referensmaterial av samma typ.

Något förhöjda världen: Provet innehåller upptill 10 gånger högre halt mikroorganismer än vid normal förekomst.

Förhöjda världen: Provet innehåller upp till 100 gånger högre halt mikroorganismer än vid normal förekomst.

Kraftigt förhöjda världen: Provet innehåller upp till 100-1000 gånger högre halt mikroorganismer eller mer än vid normal förekomst.

Totalantalet: alla mikroorganismer som finns i provet, summan av de som är aktiva, levande, sovande och döda.

Antalet odlingsbara: de mikroorganismer som kan växa fram på laboratoriemedier, summan av de som är aktiva, levande och sovande.

Livskraften hos de förekommande organismerna anges som antalet odlingsbara och odlingsbar andel. Bedömningen grundar sig på mängden levande celler samt förhållandet mellan levande och totalantalet mikroorganismer. Följande nivåer tillämpas:

Låg odlingsbar andel: <1% av den totala floran är levande.

Relativ låg odlingsbar andel: 1-5% av den totala floran är levande.

Relativ hög odlingsbar andel: 5-10% av den totala floran är levande.

Hög odlingsbar andel: >10% av den totala floran är levande.

BILAGA 4**Tabell 10.** Temperaturen (°C) under provtagningsperioderna

	Median	Medel	SD	Max	Min
Spån natt	7,6	7,6	0,96	8,9	4,1
Spån dag	7,3	7,0	1,67	9,3	2,8
Torv v 1 natt	7,6	7,7	1,45	10,3	4,9
Torv v 1 dag	7,1	7,4	1,71	10,3	3,7
Torv v 4 natt	6,1	6,3	1,00	9,2	4,7
Torv v 4 dag	6,2	6,3	1,10	8,7	4,6
Ministrö® v 1 natt	6,8	6,3	1,13	7,3	3,7
Ministrö® v 1 dag	6,7	6,2	0,83	7	3,9
Ministrö® v 4 natt	7,5	7,2	0,69	8,3	5,6
Ministrö® v 4 dag	6,9	6,9	0,60	8,2	5,4

Tabell 11. Den relativa luftfuktigheten (%) under provtagningsperioderna

	Median	Medel	SD	Max	Min
Spån natt	72,5	73,0	6,73	83,2	55
Spån dag	72,7	74,2	5,33	84,8	56,9
Torv v 1 natt	73,7	73,4	3,82	85,3	64,2
Torv v 1 dag	72	73,6	5,76	88,1	63
Torv v 4 natt	84,8	84,4	2,34	88,8	79
Torv v 4 dag	83,2	83,4	2,68	90,1	77
Ministrö® v 1 natt	85,5	85,0	1,54	89	81,4
Ministrö® v 1 dag	86	86,0	1,43	89,5	83,1
Ministrö® v 4 natt	88,5	88,6	1,35	93,3	86,5
Ministrö® v 4 dag	88,5	88,6	1,17	93,6	85,4

Rapport från Arbets- och miljömedicin 2/2011

Hästens inomhusmiljö – hur påverkas den av olika strömmaterial

Akademiska sjukhuset, Uppsala Universitet, 751 85 Uppsala, Tfn 018-611 36 42
www.amm uppsala.se