

Aktiv dammreducering av hö och halm

Martin Sundberg, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Innehåll

Sammanfattning	1
Bakgrund	2
Syfte	3
Genomförande	3
Konstruktion av utrustning	3
Utvärdering av dammavskiljande effekt.....	5
Resultat.....	7
Dammreducering	7
Mikroorganismer	9
Diskussion	10
Slutsatser	11
Referenser.....	11

Sammanfattning

Hö och halm kan ibland innehålla stora mängder organiskt damm som vid hantering frigörs och sprids i luften. Dammet kan förutom rena fragment av organiskt material innehålla sporer från mögelsvampar och bakterier. Vid inandning följer små partiklar med inandningsluften och beroende på sin storlek fastnar de på olika ställen i luftvägarna, vilket kan ge upphov till hälsoproblem i form av allergiska reaktioner och infektioner i luftvägar och lungor.

Syftet med detta pilotprojekt var att konstruera och prova en aeromekanisk utrustning för att reducera mängden damm i hö och halm. Stråmaterialet som ska behandlas placeras i en långsamt roterande trumma, samtidigt som en luftström appliceras genom trumman. Genom en medbringare i trumman ska materialet skonsamt lösas upp, vilket tillsammans med luftströmmen gör att de små partiklarna kan frigöras och transporteras bort.

Utrustningen provades med fem partier hö och halm av olika ursprung. Prestandan utvärderades dels genom mätningar av dammhalter, dels genom mikrobiella analyser på behandlat respektive obehandlat material. Den framtagna prototypen fungerade tekniskt sett bra. Den aeromekaniska behandlingen gav överlag en god reducerande effekt av damm, medan effekten på mikroorganismer får bedömas som mer osäker. Orsaken till det sistnämnda är oklart.

Bakgrund

Organiskt damm utgör ett allvarligt arbetsmiljöproblem i lantbruket. Det luftburna dammet har ofta en komplex sammansättning och kan härröra från olika källor och biologiska processer. Dammet kan förutom rena fragment från organiskt material innehålla sporer från mögelsvampar och bakterier, endotoxiner och allergener, t.ex. kvalster och exkreter från dessa. En vanlig källa till damm är torra fodermedel och strö. Särskilt vid direkt hantering av dessa produkter exponeras personalen för höga halter damm, vilket i ett längre perspektiv medför risker för hälsoproblem i form av allergiska reaktioner och infektioner i luftvägar och lungor. På motsvarande sätt är dammet naturligtvis skadligt även för de djur som utsätts för exponering, där speciellt hästar anses vara känsliga. Att på olika sätt undvika inhalering av organiskt damm är därför mycket viktigt.

En grundläggande åtgärd är naturligtvis att i möjligaste mån tillse att det foder och strö som används är av god hygienisk kvalitet vid bärgningen från fält, samt att därefter vid behov snabbt torka produkterna så att ingen mikrobiell tillväxt hinner ske. Även om man lyckats med detta kan dock kvaliteten försämrans under vinterlagringen. Den höga relativa luftfuktigheten under vintern innebär att vattenhalten i produkterna stiger till en nivå där mögelsvampar har möjlighet att växa till. Detta problem är särskilt påtagligt för hö och halm, som ofta lagras i relativt öppna byggnader och med stora ytor exponerade för omgivande luft. I en studie vid JTI där fuktighetsvariationer och mögeltillväxt i hö dokumenterades under vinterlagringen, framkom att mögeltillväxten i ytskiktet redan i november nådde nivåer som får betraktas som oacceptabla (Sundberg m.fl., 2008). I praktiken är det därför dessvärre inte ovanligt att såväl hö som halm innehåller förhöjda halter mögelsporer när det ska hanteras. Sporererna följer med inandningsluften och beroende på sin storlek fastnar de på olika ställen i luftvägarna, vilket kan ge upphov till olika typer av hälsoproblem.

I Arbetsmiljöverkets föreskrifter finns ett nivågränsvärde för totalhalten organiskt damm på 5 mg/m^3 luft under en arbetsdag (AFS, 2005:17). Om dammet innehåller speciella, biologiskt verksamma komponenter kan det vara hälsoskadligt vid betydligt lägre halter.

När det gäller spannmålshantering finns speciell utrustning på marknaden för att reducera dammängderna, t.ex. aspiratorer samt damm- och bossavskiljare. Sådan utrustning har tidigare studerats i ett projekt vid JTI (Geng & Lundin, 2009). För stråmaterial såsom hö och halm finns däremot ingen motsvarande utrustning att tillgå på marknaden. Detta kan sannolikt förklaras av att stråmaterial på grund av dess voluminösitet och helt annorlunda flödesegenskaper kräver andra tekniska lösningar. Utgångspunkten vid initieringen av detta projekt var att det borde vara möjligt att ta fram relativt okomplicerad dammreducerande utrustning som kan användas för hö och halm.

Syfte

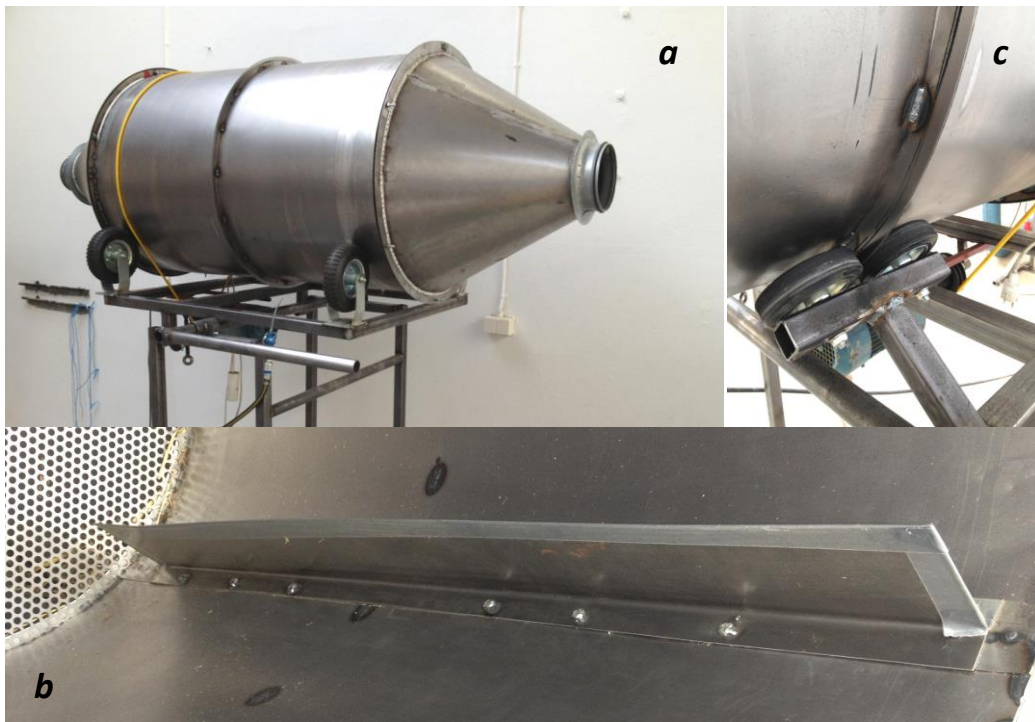
Syftet med detta pilotprojekt var att utveckla en enkel aeromekanisk utrustning för att reducera mängden organiskt damm i hö och halm. Grundläggande konstruktionsparametrar fastställdes och utrustningens effektivitet för olika typer av stråmaterial undersöktes.

Målet på längre sikt är att kunna reducera exponeringen av skadligt damm för de personer som hanterar hö och halm inom djurhållningen och därmed minska risken för uppkomsten av luftvägssjukdomar.

Genomförande

Konstruktion av utrustning

Prototypen för att avskilja damm konstruerades och byggdes i JTI:s verkstad under sommaren/hösten 2013. Principen är att det stråmaterialet som ska behandlas placeras i en långsamt roterande trumma, samtidigt som en luftström appliceras genom trumman. Genom en medbringare i trumman ska materialet skonsamt lösas upp, vilket tillsammans med luftströmmen gör att de små partiklarna kan frigöras och transporteras bort.



Figur 1. a) Trumma med koner som bärs upp av fyra stödhjul. Runt trummans vänstra del ligger silikonremmen som via en elmotor ger rotationen. b) Medbringare i trumma. c) Sidostabilisering av trumma.

Den roterande trumman i plåt, figur 1a, var på insidan är försedd med en 10 cm hög längsgående medbringare, figur 1b. Trumman bärs upp av fyra stödhjul för att medge rotation. Drivningen av trumman skedde med en liten elmotor (ca 0,3 kW) och en mjuk silikon slang (10 mm diameter) dragen runt trummans periferi. För att trumman

vid drift inte ska vandra i sidled monterades en styrskena runt periferin, vilken löpte mellan två gummihjul, figur 1 c. I trummans båda ändar monterades koner, den ena för att kunna ansluta till en sugfläkt med lämplig kanaldimension, den andra för att hålla materialet kvar i trumman vid rotation. I änden närmast fläkten monterades en perforerad plåt mellan kona och trumma för att förhindra större partiklar att sugas med i luftströmmen, figur 2 a. Konan i den andra änden var löstagbar för att kunna fylla i och tömma ur materialet i trumman. Genom att hela trumman inklusive drivning var upphängd som en vagg i ramen, kunde stråmaterialet enkelt tömmas ur efter avslutad behandling, figur 2 b.



Figur 2. a) Perforerad plåt på sugsidan i trumman. b) Vid tömning tippas hela trumman.

Fläkten var ansluten till trumman via en flexibel silikonslang med stålspiral (s.k. spannmålsslang), vars kontaktyta mot konan smordes med silikonfett för att möjliggöra rotation med låg friktion, figur 3. Den fläkt som användes i denna uppställning var en centrifugalfläkt (märkeffekt 550 W), vars kapacitet översteg behovet för detta ändamål. Strypspjäll monterades därför i luftkanalerna för att kunna justera in lämplig lufthastighet för dammavskiljningen i trumman. Efter fläkten var av försökstekniska skäl en cyklon monterad. Detta för att under utvecklingsarbetet kunna få en uppfattning av mängd och storlek på det material som vid olika inställningar avskiljdes med utrustningen. Efter cyklonen transporterades luften ut ur lokalen via en böjlig slang.



Figur 3. Sugfläkt med anslutning till trumma (här avtagen), samt cyklon.

Under och efter framtagningen av prototypen provades och injusterades ett flertal konstruktions- och funktionsparametrar. De viktigaste av dessa redovisas nedan:

Trumma:

Längd cylindrisk del, cm	125
Diameter cylindrisk del, cm	78,5
Volym cylindrisk del, m ³	0,60
Längd inkl. koner	242
Höjd medbringare, cm	10
Hålstorlek i perforerad plåt, mm	10
Hålära i perforerad plåt, %	46
Rotationshastighet, rpm	27
Lufthastighet i trummans cylindriska del, m/s	0,2 - 0,25

Utvärdering av dammavskiljande effekt

Omfattning och provtagning

Efter att utrustningen justerats in, utvärderades dess prestanda genom ett antal provkörningar med hö och halm av olika ursprung. Denna utvärdering gjordes dels genom mätningar av dammhalter, dels genom mikrobiella analyser.

Provkörningarna omfattade försök med tre höbalar och två halmbalar enligt nedanstående:

1. Gräshö, 1:a skörd 2012.
2. Som nr 1, men lagrad på annan plats.
3. Hö, 1:a skörd 2013. Innehöll timotej, karingtand, lusern, vitklöver. m.m.
4. Höstvetehalm bärgad 2012.
5. Havrehalm bärgad 2012.

I varje försök användes en bal, där ena halvan behandlades i prototypen och den andra fungerade som obehandlad kontroll. Som ett första moment togs ett prov ur balen för att genom mikrobiell analys fastställa initiala halter av mögelsvampar och aeroba bakterier. Med en 40 mm provborr borrades material, dels från båda balgavlarna in mot mitten, dels från ytskiktet ned till ca 5 cm djup. Innan varje sådan provtagning desinficerades borren genom avbränning med etanol. Därefter avlägsnades snörena och balen vägdes, varefter halva mängden placerades i trumman och dammreducerades under tre minuter. Materialet fick därefter ligga kvar i trumman för bestämning av dammhalt enligt metodik nedan. Efter att materialet tömts ur trumman togs ett representativt samlingsprov för mikrobiell analys, och den andra, obehandlade balhalvan lades i trumman för dammhhaltsbestämning på samma sätt.

Dammhalter

Vid mätning av damhalter kopplades sugfläkten bort och de båda ändarna på trumman förslöts med lock. Den tätade trumman fungerade då som en dammkammare. På insidan av det ena locket monterades ett mätinstrument som mäter koncentrationen i mg/m^3 av luftburna partiklar med storleken $0,1\text{-}10\ \mu\text{m}$ (personalDataRAM, model pDR-1000AN; Thermo Electron Corporation, USA), figur 4. Instrumentet loggar och lagrar mätvärden med ett intervall som här ställdes till en sekund. Vid dessa mätningar roterades trumman under två minuter.



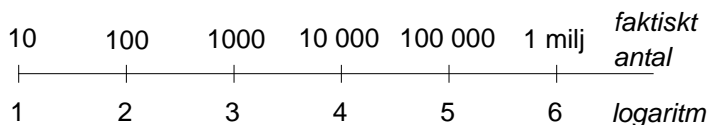
Figur 4. Mätinstrumentet för dammhalt monterades på insidan av ena locket på trumman.

Innan nytt material placerades i trumman blåstes den alltid ren med tryckluft för att avlägsna kvarvarande partiklar och damm. Trumman var då ansluten till sugfläkten.

Mikrobiella analyser

De mikrobiella analyserna av obehandlat respektive behandlat stråmaterial omfattade bestämning av totala halter mögelsvampar och aeroba bakterier. Haltbestämningen gjordes genom ytspridning på odlingsplattor av homogeniserat prov i 10-spädningar (w/w) i 0,1 % peptonsaltvatten. Mögelsvampar odlades på DG-18-plattor vid $25\ ^\circ\text{C}$, medan odlingen av aeroba bakterier gjordes på TGYA-medium vid $30\ ^\circ\text{C}$. Dessa analyser utfördes av Statens Veterinärmedicinska Anstalt (SVA) i Uppsala.

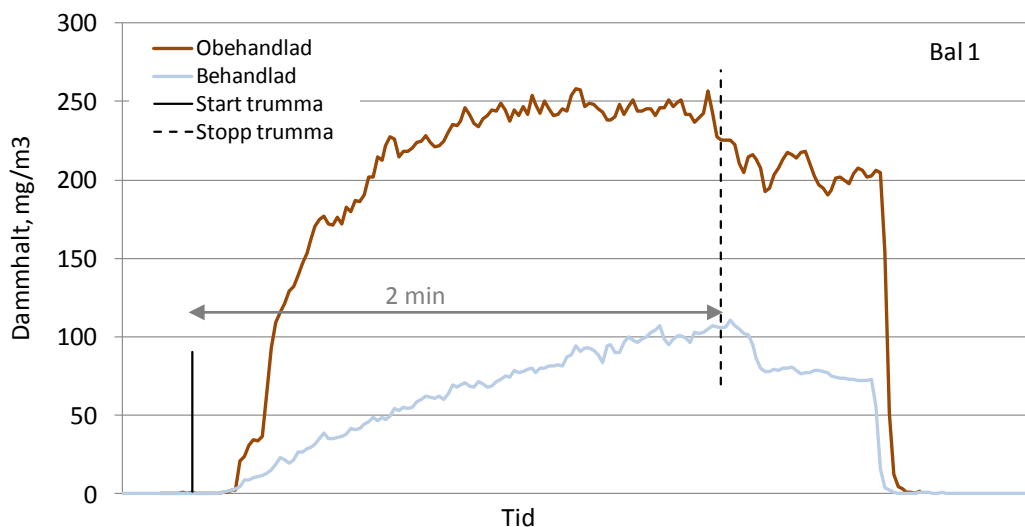
I mikrobiologiska undersökningar bestäms antalet kolonibildande enheter (CFU, Colony Forming Units) av olika mikroorganismer. Eftersom mikroorganismer ofta förekommer i riklig mängd brukar antalet som regel anges i logaritmisk form (log CFU). Sambandet mellan faktiskt antal och logaritmvärden framgår nedan.



Resultat

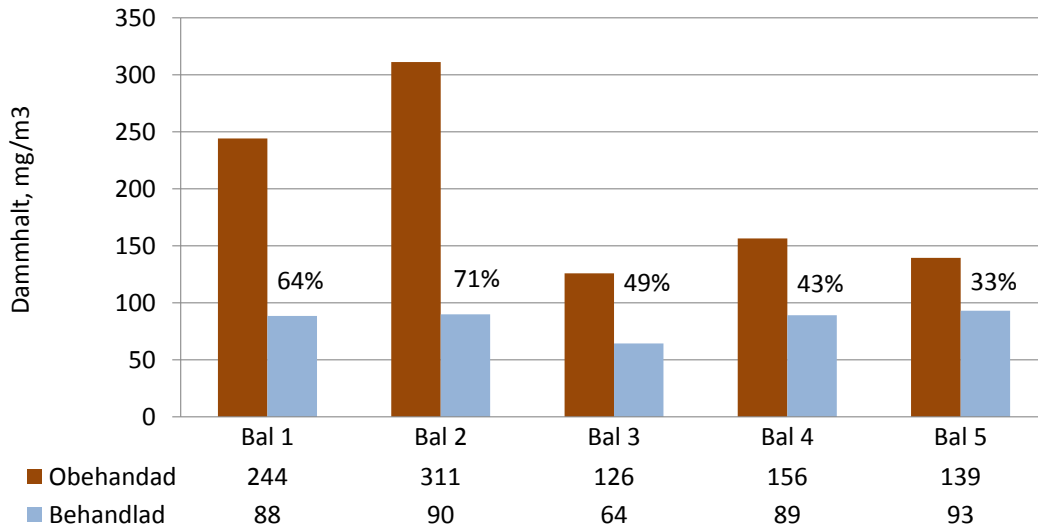
Dammreducering

De registrerade dammhalterna i den täta trumman uppvisade generellt olika mönster för behandlat respektive obehandlat material. Med obehandlat material steg halterna snabbt i början, för att sedan plana ut och ligga på en relativt konstant nivå. För det behandlade materialet steg halterna långsamt och fortsatte att öka ända till rotationen av trumman stoppades efter två minuter. Ett exempel på hur halterna förändrades för obehandlat respektive behandlat hö från en och samma bal visas i figur 5.



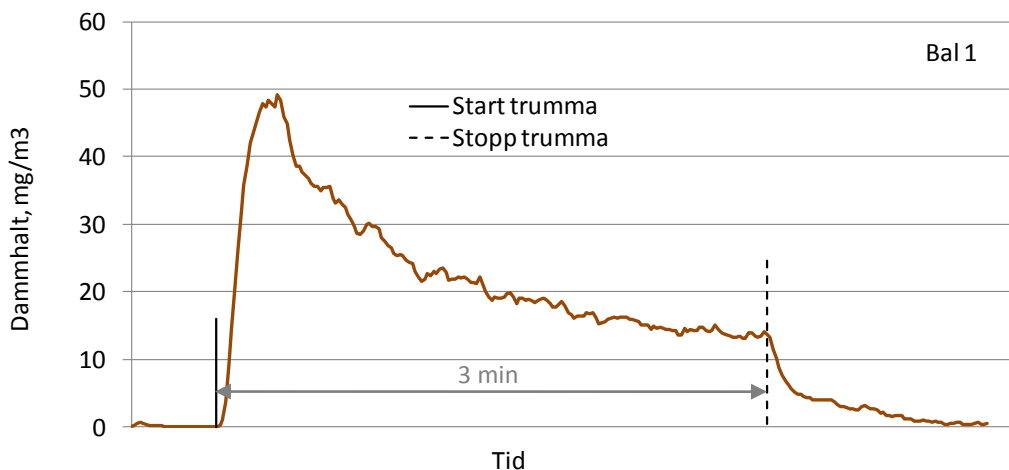
Figur 5. Registrerade dammhaltsförlopp för obehandlat respektive behandlat hö (bal 1) när den tätade trumman användes som dammkammare. Trumman roterades under två minuter. Den branta minskningen i dammhalt till höger indikerar när dammätaren avlägsnades ur trumman.

Som mått på dammhalt för ett prov användes medelvärdet av alla registreringar under den sista av de två minuterna trumman roterades. Vilken effekt den aeromekaniska behandlingen haft på dammhalt i de fem provade balarna framgår av figur 6. Reduktionen av damm varierade mellan balarna, men man kan se att behandlingen genomgående resulterat i dammhalter understigande 100 mg/m³ luft. För fyra av de fem balarna var dammhalt efter behandling mycket likartad, med värden nära 90 mg/m³, medan halten för bal 3 var något lägre och låg på 64 mg/m³.



Figur 6. Registrerade dammhalter i dammkammaren för obehandlat respektive behandlat material från de fem balarna i försöket. Den procentuella reduktionen av dammhalt är angiven i figuren.

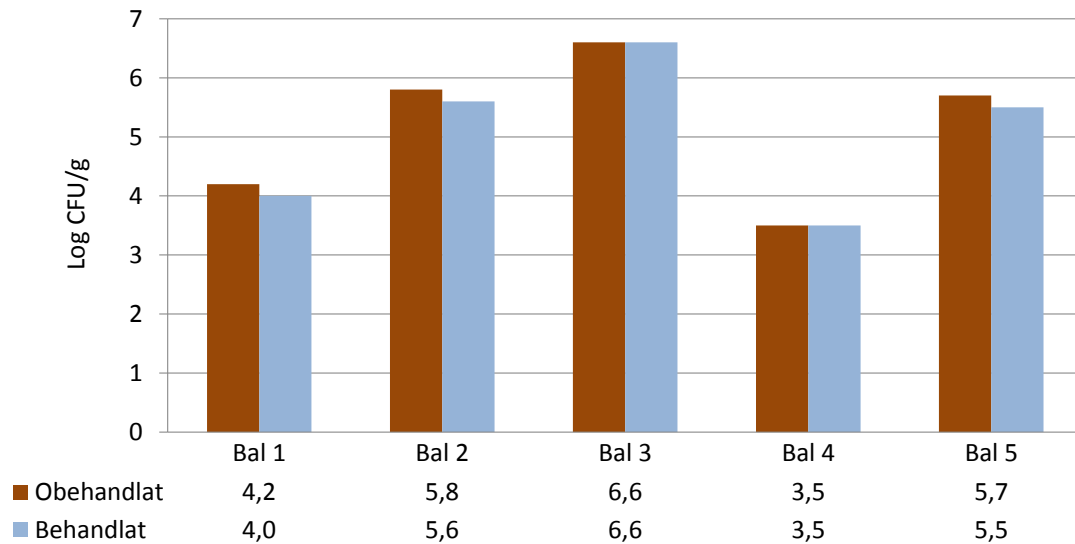
Under den aeromekaniska behandlingen placerades dammätaren i utloppet på den slang där luften som passerat i trumman blåstes ut. På detta sätt erhöles en uppfattning om hur avskiljningen av dammet i trumman fortlöpte. Ett exempel på hur dammhalten i frånluften varierade under de tre minuter trumman roterades visas i figur 7. Det typiska mönstret var ett maximum i början av behandlingen, varefter dammhalten successivt sjönk och planade ut. När trumman upphörde att rotera sjönk dammhalten snabbt.



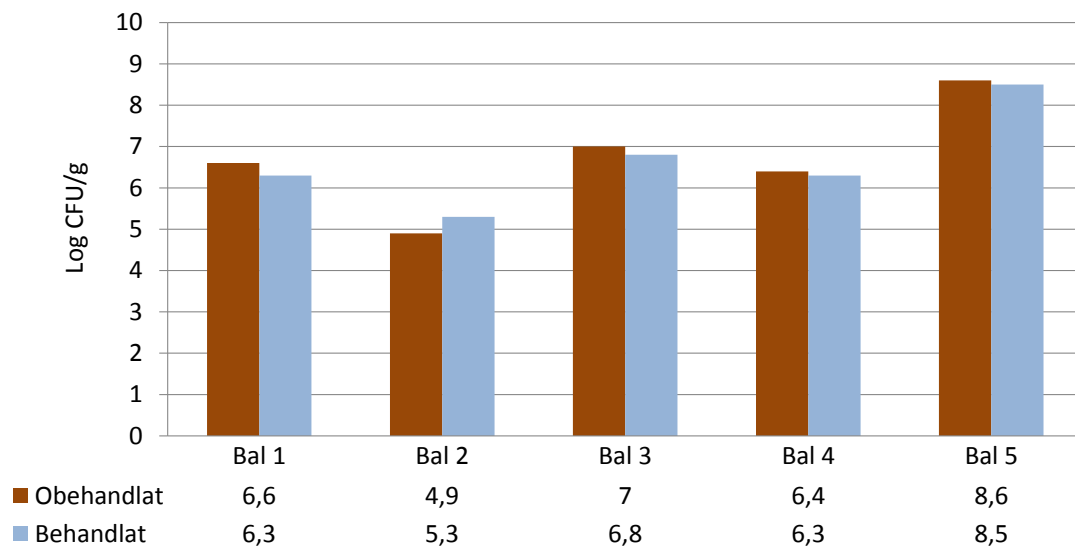
Figur 7. Uppmätta dammhalter i frånluften från trumman vid behandlingen av bal 1 under tre minuter.

Mikroorganismer

Resultaten från bestämningen av totalt antal mögelsvampar och aeroba bakterier visas i figurerna 8 respektive 9.



Figur 8. Totalantal mögelsvampar i obehandlat respektive behandlat material från de fem balarna i försöket.



Figur 9. Totalantal aeroba bakterier i obehandlat respektive behandlat material från de fem balarna i försöket.

När det gäller mögelsvampar reducerades halterna med 0,2 enheter för tre av de fem balarna, medan halterna var oförändrade för resterande två balar. Halterna av aeroba bakterier minskade med mellan 0,1 och 0,3 enheter för fyra balar, medan den för bal två ökade med 0,4 enheter.

Diskussion

Tekniskt sett fungerade prototypen tillfyllest. Vissa delar i konstruktionen som skulle kunna förbättras kunde dock identifieras. Bland annat bör den löstagbara konans av- och påmontering utformas med någon form av snabbkoppling, så att fyllning och tömning av trumman förenklas. I en praktisk tillämpning finns inget behov av någon cyklon, utan luften från trumman kan med en fläkt transporteras direkt ut ur lokalen.

Mätningarna av dammhalten i frånluften från trumman (figur 7) visade att dammhalten var som högst i början av behandlingen, varefter den successivt sjönk och planade ut. Att inte dammhalten fortsatte att sjunka ned mot noll, antyder att den mekaniska nötningen av materialet i trumman hela tiden generade nytt damm. För alla provade balar planade dammhalten ut på ca 10-15 mg/m³ strax innan trummans rotation avslutades. Detta antagande styrks av registreringarna när trumman användes som dammkammare, där dammhalten för de behandlade materialen hela tiden ökade under de två minuter som mätningarna gjordes, figur 5.

Den aeromekaniska behandlingen reducerade genomgående dammhalten i materialet, figur 6. För de två balarna med högst dammhalt (nr 1 och 2) var också reduktionen störst. Efter behandling låg dammhalterna genomgående på en likartad nivå mellan cirka 60 och 90 mg/m³. Enligt resonemanget i föregående stycke kan detta anses vara den nivå som den mekaniska nötningen av materialet genererar.

Den reducerande effekten på mikroorganismer var dock inte alls lika tydlig, figur 8 och 9. Ser man på resultaten uttryckt som log CFU-värden är reduktionen ytterst marginell. Speciellt när det gäller mögelsvampar var dessa resultat något förvånande, eftersom svamparnas mögelsporer är gjorda för att lätt kunna släppa och sedan spridas med luften. Med tanke på den tydliga reduktionen av damm, vilket ju också innefattar mögelsporer, kunde man därför förvänta att de ”lättflyktiga” mögelsporerna snabbt och i mycket stor utsträckning borde frigöras och föras bort vid behandlingen i trumman. Någon entydig förklaring till denna ringa effekt på mikroorganismer är svår att finna. Det ska dock påpekas att om man tittar på det faktiska antalet istället för logaritmerade värden, så blir den procentuella förändringen betydligt större, se tabell 1 nedan.

Tabell 1. Faktiskt antal mögelsvampar och aeroba bakterier i obehandlat respektive behandlat material från de fem balarna i försöket, CFU/g.

Mögelsvampar	Bal 1	Bal 2	Bal 3	Bal 4	Bal 5
Obehandlat	15 849	630 957	3 162	3 981 072	501 187
Behandlat	10 000	398 107	3 162	3 981 072	316 228
Reduktion, %	37	37	0	0	37
Aer. bakterier	Bal 1	Bal 2	Bal 3	Bal 4	Bal 5
Obehandlat	3 981 072	79 433	2 511 886	10 000 000	398 107 171
Behandlat	1 995 262	199 526	1 995 262	6 309 573	316 227 766
Reduktion, %	50	-151	21	37	21

I mikrobiella sammanhang anses det dock inte korrekt att beräkna och redovisa CFU-värden annat än i form av logaritmerade värden. Detta bland annat beroende på att den analysmetod med spädningsserier och odling som används är relativt grov. För att skillnader ska anses föreligga, bör dessa därför kunna påvisas för de

logaritmerade värdena. För att förstå varför framför allt halterna av mögelsvampar inte minskade efter behandlingen, skulle ytterligare kompletterande försök behöva göras med något modifierat försöksupplägg inklusive metodik för mikrobiella analyser.

Den goda reducerande effekten som påvisats för damm, gör att metoden vore intressant att prova och utvärdera i en stallmiljö under verkliga förhållanden. Det borde kunna finnas förutsättningar att med en aeromekanisk behandling kunna minska mängden luftburet damm och därmed skapa en förbättrad vistelsemiljö för både människor och djur.

Slutsatser

Den framtagna prototypen fungerade tekniskt sett bra. Den aeromekaniska behandlingen gav överlag en god reducerande effekt av damm, medan effekten på mikroorganismer får bedömas som mer osäker. Orsaken till det sistnämnda skulle behöva undersökas ytterligare i fördjupade studier.

Referenser

- AFS, 2005:17. Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar. Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna. Arbetsmiljöverket, Solna.
- Geng, Q. & Lundin, G. 2009. Slutrapport SLO-978. Dammreducerade utrustning vid spannmålshantering. Utvärdering av damm- och bossavskiljare samt aspiratorer. jti.se/uploads/jti/Dammreducerande_utrustning_Slutrapport_SLO_091105_GL.pdf
- Sundberg, M., Lindahl, C., Artursson, K. & Lundin G. 2008. Mögeltillväxt i hö under vinterlagring. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 363.