



Helsingborg 2006-12-14

Kompletterande information ang risker med pellets.

Inledning

Den inträffade olyckan på Saga Spray den 16 november 2006 där en person omkom och 6 personer skadades av kolmonoxidförgiftning är under utredning av Polis, Sjöfartinspektion, Arbetsmiljöverket och Helsingborgs Brandförsvär. I avvaktan på dessa utredningar lämnas följande korta sammandrag av händelsen.

Saga Spray hade efter anlöpet i Helsingborg lossat en lastlucka. Inget ovanligt inträffade under lossningen. Normal arbetsrutin är att fartyget klargör lastrummen så att stuveriet kan komma ned och slutlämpa. Påföljande lastrum skoplossades tills det var dags för slutlämning. En besättningsmedlem gick ned i lejdarschaktet (kofferdam) för att öppna luckor mellan lejdarschaktet och lastrummet på varje nivå. Syftet med att öppna luckorna är att ventilerat lejdarschaktet. Sjömannen öppnade luckorna på tre nivåer, bara den längst nedersta stod kvar att öppna när stuveripersonalen förstod att något hänt. Två stuvare gick ned i lejdarschaktet för att hämta upp sjömannen men kände att något var fel med atmosfären. De vände åter, men den stuvare som varit längst nere segnade ner medvetlös på en avsats. Räddningstjänst och ambulans larmades och även den personalen skadades. Samtlig skadad personal hade höga halter av kolmonoxid i blodet och fick vårdas på sjukhus. Kompletterande information om händelseförloppet finns i rapporter som utfärdats av utredande myndigheter.

Information om lastens risker

Avsändaren

Vid lastningen i Vancouver i september 2006 har pelletsleverantören, Premium Pellet LTD¹, utfärdat ett dokument, SHIPPER CARGO INFORMATION SHEET (SCIS). Enligt företagets säkerhetsansvarige² undertecknas dokumentet inför kaptenens ögon och överlämnas på plats.

¹ Premium Pellet LTD, 2301 Campbell Road, West Vanderhoof, British Columbia VOJ 3A0, Canada

² Staffan Melin, Delta Research Corporation, tel 001-604 943 1646

Medlem av förbundet Sveriges Hamnar

Postadress
Box 821
251 08 Helsingborg

Huvudkontor
Oceangatan 3

Org nr. 5560240979
VAT nr SE556024097901

Telefon
042-10 63 00
Int. +46 42 10 63 00

Internet
www.port.helsingborg.se

Telefax
042-13 54 83
042-28 22 99
042-24 31 13
042-12 43 74
042-18 72 83
042-10 73 43
042-13 97 40

Ledning
Marknad
Teknik
Reception
VTS
Skåneterminalen
Västhamnen

Dokumentet innehåller riskinformation, bl a att träpellets under transporten kan reducera syrehalten och utveckla kolmonoxid i slutna utrymmen. Den avslutande punkten i dokumentet instruerar fartyget att informera stuveripersonal, inspektörer och andra tillfälligt ombordvarande om vilka säkerhetsåtgärder som krävs. SCIS-dokumentet är inte ett myndighetsdokument utan en varudeklaration från avsändaren, därav är det inte kontrasierat av fartygets kapten.

Staffan Melin har uppmärksammat IMO på problemet efter en olycka med en pelletsbåt, Weaver Arrow, Vulcaanhaven i Rotterdam, 2002. Stuvare omkom och skadades efter en kolmonoxidexponering ombord i samband med pelletslossning. IMO har processat riskerna och reviderat sin "Code of Safe Practice for Bulk Cargoes 2004". Staffan Melin processade sin text genom Transport Canada och pushade även Sjöfartsverket samt motsvarande myndighet i Holland för att få till stånd den multi-nationella framstöten till IMO som resulterade i införandet av texten i BC Code.

Agenten³ har inte fått instruktion från Saga Spray att överlämna information om lasten och dess risker, tex den SCSI-information som fartyget emottog i Vancouver i samband med lastning.

HHAB mottog ett SCSI från Premium Pellets Ltd år 2003 tillsammans med dokument som beskriver hälsorisker med träpellets. Dokumentationen kom med anledning av stuveripersonalens oro för allergier och andra sjukdomar som kunde tänkas uppstå i samband med pelletshantering. Det ledde sedermera till särskild provtagning och hälsokontroller för aktuell personal och ett rotationsschema för att undvika långvarig exponering för pelletsdamm.

IMO regler

IMO:s BC- code 2004 klassificerar wood pellets som MHB dvs Material Hazardous in Bulk only. Det skall separeras från annat gods ombord enligt klass 4.1 eftersom det är brännbart. Det omnämns att laster av träpellets kan orsaka sänkt syrehalt och ökad kolmonoxidhalt. Vidare anges att brännbar gas kan utvecklas.

Sjöfartsverkets regler

Sjöfartsverket ger ut föreskrifter om transport av gods i bulk till sjöss med stöd av bl a IMO: s BC-code . Det har dock inte gått att finna någon föreskrift som är reviderad med anledning av IMO:s BC.code. Sjöfartsverket har gett ut *SJÖV 2003:10 Lastning och lossning av bulkfartyg*. Det baseras på kraven i Europaparlamentets och rådets direktiv 2001/96/EG om fastställande av harmoniserade krav och förfaranden för säker

³ Citadel Shipping AB, Box 1468, 251 14 Helsingborg, Joakim Sandberg, tel 042-139075.

lastning och lossning av bulkfartyg², senast ändrat genom Europa- parlamentets och rådets direktiv 2002/84/EG³.

Föreskriften inriktar sig med 25 sidor på säkerhet under lastning/lossning, främst hur fartygets stabilitet skall säkras under operationen. I detta dokument ställs dock en fråga i en bilaga som har med atmosfär i lastrummet att göra:

13. Är atmosfären säker i lastrum och slutna utrymmen till vilka åtkomst kan behövas, har laster som avger gas identifierats och har behovet av övervakning av atmosfären övnskommits mellan fartyget och terminalen?

Dokumentet anger fartyget eller terminalen eller båda som ansvariga. HHAB:s arbetsrutin är att fartyget gör alla moment som behövs för att lastrummet skall vara klart att beträda för stuveripersonalen.

Arbetsmiljöverkets regler

Arbetsmiljöverket utfärdar regler för Hamnarbete. *AFS 2001:09 - Hamnarbete* gäller lastning, lossning, förtöjning, losskastning och bunkring av fartyg. Det finns ingen hänvisning till Sjöfartsverkets regler eller EU-direktiven i denna AFS.

Fartygets regler

Fartyget Saga Spray har, enligt Sjöfartsinspektionens port state control⁴, ett ISM-system som anger att det krävs *Entry Permit* till alla slutna utrymmen. Innan klartecken ges skall atmosfären i det aktuella utrymmet kontrollmätas.

Kunskaper om risker med träpellets.

Urban Svedberg⁵ har forskat på kolmonoxidutveckling i pelletsstackar som lagras inomhus och konstaterat utveckling av brännbara gaser, minskad syrehalt och kolmonoxid. Resultaten är publicerade i en avhandling *Emission of Hexanal and Carbon Monoxide from Storage of Wood Pellets, a Potential Occupational and Domestic Health Hazard*. **Bilaga 2** Avhandlingen visar på att träpellets kan utveckla drygt 100 ppm kolmonoxid vid inomhustemperatur utan att brand eller biologisk aktivitet förekommer. Detta kan orsaka yrkeshygieniska problem och hälsorisker tex i bostäder. Han har kontaktat såväl arbetsmiljöinspektionen lokalt som Arbetsmiljöverket och meddelat sina fynd. Några nya föreskrifter risker med pellets har inte utgivits med anledning av Svedbergs

⁴ Sjöfartsinspektör Tore Dahl, Sjöfartsinspektionen Malmö, tel 040-747 80

⁵ Department of Occupational and Environmental Medicine, Sundsvall Hospital SE-851 86 Sundsvall

forskningsresultat. Urban Svedberg uttrycker förvåning över de höga halter av kolmonoxid som förekommit vid olyckan och som mätningar på angränsande lastrum verifierat.

Göran Holmstedt⁶, professor vid Lunds Tekniska Högskola, är mycket väl insatt pelletsforskningen worldwide. Han har varit behjälplig vid projektering av pelletsmagasinet i Västhamnen. Hans modeller och kunskaper har varit vägledande även vid beredningsplanering av räddningstjänstinsatser och hanteringsanvisningar vid lagerhantering av pellets i Helsingborg. Göran Holmstedt uttrycker förvåning över de höga halter av kolmonoxid som förekommit vid olyckan och senare mätningar.

Forskningsinsatser på storskalig pelletshantering har kommit igång och HHAB är välinformerat om de insatser som Lunds Tekniska högskola och Växjö Universitet har utfört. Eftersom det inte tidigare är allmänt känt i Sverige att kolmonoxid kan utvecklas i så extremt höga halter som förekommit i olyckan hade tydlig instruktion från fartyget om riskerna beskrivna i SCIS varit viktiga. Fartyget Saga Spray har vid flertalet tillfällen transporterat pellets från Canada till Europa men det är inte känt om besättningen har varit densamma.

Pelletsforskning pågår sedan september 2006 på University of British Columbia där bland annat avgasning från träpellets kartläggs. Man utvecklar dessutom en pellets och hoppas kunna eliminera avgasning samt den mekanisk nedbrytningen av pelletsen som orsakar damm.

Åtgärder för att klarlägga risker efter olyckan.

Kontrollmätning ombord Saga Spray

Den 18 November 2006 kontrollmättes ett lastrum ombord på Saga Spray. Mätningen genomfördes omedelbart i samband med att lastluckan öppnades. Instrumentet stacks ned ca 0,5 m i lastrummet. Lastrummet var fyllt med pellets till ca 1 m under luckan. Vädret var mulet, vind ca 5 m/s och temperaturen 9 grader C. Syftet med mätningen var att kontrollera om lasten av vita träpellets exporterade från Vancouver i Canada hade alstrat farlig miljö i lastutrymmet.

Som mätinstrument användes ett instrument som heter VISA⁷ Det elektroniska instrumentet mäter samtidigt tre intressanta värden i atmosfären: Kolmonoxid (ppm), Oxygenhalt (%) samt % av undre brännbarhetsgräns (LEL). Följande mätvärden erhöles.

	% Syre	CO (ppm)	% LEL
Vid lucköppning	15	1000*	Max#
Efter 5 min skoplossning	20,9	0	0

*=Instrumentets mätområde är 0-1000ppm

#=Instrumentet är kalibrerat att varna vid 20% av LEL för Metan.

⁶ Professor Göran Holmstedt, LTH, Institutionen för Brandteknik , tel 046-2220402

⁷ Gas Measurement LTD, Renfrew PA 4 9RG, United Kingdom

Resultat:

Vid öppningstillfället varnade instrumentet för explosiv blandning, kolmonoxidhalt överstigande 10 ggr hygiensikt gränsvärde (Korttidsvärde KTV) samt signifikant sänkt syrehalt.

Samtidigt konstaterades med hjälp av thermografering (Värmekamera) att ingen förhöjd temperatur eller hotspots förekom på ytan.

Instrumentet sänktes därefter ned i lastlucka under pågående skoplossning. Syrehalten var normal och ingen förekomst av kolmonoxid eller brännbara gaser kunde indikeras.

Närvarande vid mätningen var; Brandingenjör Jonas Hellsten, Trafikchef Mats Rosander, Stuverichef Fredrik Åsare samt representation av stuveripersonal och besättning.

Kontrollmätning i Pelletsmagasinet.

Med samma utrustning kontrollerades samma dag atmosfären i pelletsmagasinet. Pellets från ovan mätta lastrum höll på att lastas in i pelletsmagasinet. Följande resultat erhöles:

	% Syre	CO (ppm)	% LEL
Inlastningsstacken Vid golvnivå	20,9	0	0

Thermografin visade att pellets som höll på att lastas in var något varmare än de pellets som hade lastats in olycksdagen. . Inga temperaturer över 30 grader C kunde konstateras. Värmen kontrollerades genom att sticka in en hand så långt in man kommer utan att gräva (ca 25cm). Samtidigt kunde vi konstatera att pellets som lastats in dagen före var kallare än de pellets som nu lastades in.

Mätningen upprepades av brandingenjör Jonas Hellsten i nästa lastlucka den 18 november med resultat:

	% Syre	CO (ppm)	% LEL
Vid lucköppning	9	1000	Max
Efter 5 min skoplossning	20,9	0	0

Mätning i pelletsmagasinet upprepades 24 timmar senare, den 19 November, av brandingenjör Jonas Hellsten med resultat:

	% Syre	CO (ppm)	% LEL
Inlastningsstacken Vid golvnivå	20,9	0	0

Mätningar av Yrkesmedicinska Institutet

Den 18 november drogs atmosfärsprover ut från lastlucka 5 ombord Saga Spray. Den hade stått försluten ända sedan fartyget avseglade från Vancouver. Ansvarig för provtagningen var Urban Svedberg, Yrkesmedicinska Institutet vid Sundsvalls Sjukhus. Ett prov togs även från den lastlucka som för tillfället skoplossades för att kontrollera atmosfären under lossningsarbete.

Analys av proven gjordes av Jerker Samuelsson, Fluxsense AB⁸ och redovisas i **bilaga 1**. Här konstaterades att kolmonoxidhalten översteg 5400 ppm, en halt som om den inandas omedelbart leder till medvetslöshet och efter några minuter orsakar dödsfall.

Mätningar av Lunds Tekniska Högskola (LTH)

Professor Göran Holmstedt, Institutionen för Brandteknik (LTH) har tagit prover på aktuell pellets för att analysera om det finns avvikelser i materialet. Man vet från senare forskning att metaller kan katalysera gasbildning. Metaller förekommer i lastlådans väggar och golv. Analysen får ge svar på om det förekommer metaller i pelletsen. En inledande analys visar att pelletsen fortsätter att avge kolmonoxid vid rumstemperatur. Fortsatt analys kommer att redovisa gasutveckling och energiutveckling vid olika lagringstemperaturer. LTH kommer att jämföra olika pelletssorter för att se vilka skillnader som finns och om pelletarna i Saga Spray är ett undantag.

Statens Provnings och Forskningsinstitut SP.

Samråd har skett med Henry Persson⁹ som genomfört fullskale- och tredjedelsskaleprov med träpellets. Syftet med försöken är att fastställa kriterier för lagringsanläggningar av pellets. De undersöker även antändning och brandspridning samt mätning av vilka gaser som bildas. Han har uppmätt mycket höga värden av kolmonoxid från träpellets i silolagring, men endast efter antändning. Han kommer att undersöka sina resultat och se om något är applicerbart på lagring i lastrum. Efter överslagsberäkningar visar han att pelletsen konsumerat mycket mera syre än vad som behövs för att generera den uppmätta kolmonoxidhalten i Saga Spray. Sannolikt har mycket mera kolmonoxid bildats men läckt ut under resans gång.

Öresundskraft

Västhagensverket har infört rutiner som innebär att man mäter kolmonoxid innan HHAB personal påbörjar utlastning ur pelletsmagasinet med skoplastare. Efter samråd med brandförsvaret har man infört förtätad rondering med kontrollmätning av atmosfären i pelletsmagasinet vid varje rond. ÖPAB har även gjort en plan som innebär att den nu inlastade pelletsen lastas ut för förbränning omgående. Man kan förbruka ca 1000 ton per dygn vilket innebär att de är förbrukade om ca två veckor.

⁸ Department of Radio and Space Science, Chalmers, SE-41296 Göteborg

⁹ SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Brandteknik, Box 857, 501 15 BORÅS
Tel: 033-165198 (direkt)

Brandförsvaret

HHAB har informerat Brandförsvaret om riskerna och uppmanat dem att kontrollera sina insatsplaner för pelletsmagasinet, samt att vara fortsatt behjälpliga med mätningar, termografering och bedömningar. Under dagarna efter olyckan har ett intensivt informationsutbyte mellan HHAB och brandförsvaret förekommit. Helsingborgs Stad har gett brandförsvaret i uppgift att utföra en egen utredning om olyckan.

Olyckan i Rotterdam

Rapport från en liknande olycka i Rotterdam med Weaver Arrow 2002 saknas. Räddningsverket, Brandförsvaret, Sjukvården och Sjöfartsinspektionen eftersöker den via sina kanaler. HHAB har kontaktat Rotterdams Hamn och rederiet i samma ärende, hittills utan resultat. Det är olyckligt att konstatera att det går inte att få ta del av olycksrapporterna från en olycka som är mycket lik Saga Spray –fallet.

Åtgärder för fortsatt pelletsshantering i Helsingborgs Hamn.

Efter olyckan har ny riskanalys för pelletslossning genomförts. Medverkande har varit personalrepresentanter för stuveriet, stuverichefen och QSA¹⁰.

Riskanalysen har lett till en ny säkerhetsrutin för pelletslossning. Rutinen infördes innan nytt anlöp av pelletsfartyg skedde. Rutinen innebär att stuveriets arbetsledare mäter atmosfären i de utrymmen som hans arbetslag avser att beträda. Åtgärden innebär inte att HHAB övertar kaptenens ansvar att kontrollera utrymmena. Den avser endast att förhindra att stuveripersonal beträder utrymmen med farlig atmosfär.

Fartygens varudeklarationer av lasten går till QSA för kontroll före anlöpet. Pelletslossningar efter Saga Sprayolyckan har visat på stora kunskapsbrister på alla händer. Flera varudeklarationer som inkommit för anlöp efter olyckan med Saga Spray har inte varnat för kolmonoxidbildning. Vissa mindre fartyg har inte förfogat över egen gasindikeringsutrustning, andra har haft enbart syrehaltsmätare. Trots att man enligt egen utsago har haft gasmätningsutrustning ombord har man inte gjort egna mätningar. Det är en förekommande uppfattning bland sjömän att man mäter syrehalten och använder det som en indikator på om atmosfären är skadlig eller ej. Mäter man syrehalten med fältinstrument kan man ha livshotande halter av andningsgifter utan att instrumentet reagerar. Ett utslag på 20,5% syre ger utrymme för mer än 5000 ppm kolmonoxid. Man måste indikera det giftiga ämnet för att mätningen skall varna för farlig atmosfär.

¹⁰ Quality och Safety Advisor, Ulf Rosén Helsingborgs Hamn AB tel 042-106203

Fortsatta mätningar

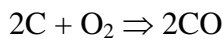
Stuveriets arbetsledare mäter alla anlöpande pelletsfartyg vid lucköppning, även efter regnstopp, och innan stuveripersonalen ges tillträde. Åtgärden säkerställer inte förhållandena för fartygens egna personal. De öppnar ofta lastrum och biutrymmen utan att stuveriet är närvarande.

Hittills har HHAB inte påträffat så höga halter kolmonoxid som i Saga Spray, men halterna har vid flera tillfällen överstigit 1000 ppm. Vi har även konstaterat några paradoxer som fortsätter att förbrylla. Den farliga atmosfären i lastrummet försvinner omedelbart när man öppnar lastluckan. Redan efter någon minut är halterna lika som omgivningsatmosfären. Samtidigt står den farliga atmosfären kvar i många timmar i de biutrymmen som står i kontakt med lastrummet.

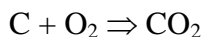
Vad händer med pellets under lagring?

Urban Svedberg har följande ansats:

Baserat på våra mätresultat så fanns det ca 0.5% CO i luften på SAGA SPRAY. Kolet som finns i den kemiska strukturen i träet oxideras och bildar CO och CO₂. Den enda syreatomen i CO skulle därmed förklara 0.25% minskning av syrehalten då varje syrgasmolekyl O₂ innehåller två syreatomer.



Vi fann även ca 0.8% CO₂ vilket då förklarar en sänkning av syrehalten med 0.8% då varje bildad CO₂ molekyl kräver motsvarande en syrgasmolekyl enligt:



Detta förklarar tillsammans en sänkning av syrehalten med ca 1%, alltså saknas fortfarande en förklaring vart de övriga ca 10 % syrgas tog vägen.

Min gissning är att man trots allt har ett visst utläckage från lastrummen, bl a via lejdarschakten, men även andra otätheter t ex i locket. Bildningen av främst CO och CO₂ förbrukar den ursprungliga syrgasmängden utan att nytt syre kommer till. Våra mätningar visade att det bildas metan, butan, eten och propen med en sammanlagd halt av ca 0.09%. Denna bildning sker hela tiden och dessa gaser behöver plats och kan därmed pressa ut övriga gaser från luftrummet. Resultatet är att syrehalten minskar då det inte tillförs något nytt syre samtidigt som dessa nybildade gaser hela tiden ökar i koncentration. De 10% syrgas som vi saknar har med andra ord omvandlats till CO och CO₂ som i sin tur ventilerats ut under resans gång. Vad vi mäter upp vid lossningen är en ögonblicksbild av en pågående process.

Att CO fortsätter att bildas från pellets under mycket lång tid har jag visat i min avhandling och beskrivs i figur 3 i artikeln från 2004, där jag i ett orört pelletsförråd med 6 ton nyproducerade pellets fick de högsta halterna efter 2 månaders lagring. Detta sammanföll även med den högsta omgivningstemperaturen. Förrådet var tillverkat av träbotten och murade cementsidor och självdragsventilation. I artikeln visar jag även hur CO bildas när virke torkas, figur 5 i artikeln.

Min slutsats är därför att det inte är materialet i lastrumsväggarna som påverkar bildningen av CO eller förbrukningen av syre. Det enklaste sättet att ta reda på vilket utläckage man har i ett lastrum är att sprida en spårgas, t ex CO₂, N₂O (lustgas) och mäta avklingningen, med te x FTIR.

Henry Persson, SP, har följande ansats:

Vi har funderat och gjort lite överslagsberäkningar. En teori är att det skulle kunna röra sig om en "efteroxidation" som skett inne i lastrummet. Som jag nämnde per telefon är det vanligt att man vid tillverkningen får en temperaturstegring i pelletsstacken inom några dagar efter själva produktion. I vanliga fall kör man ut pelletsen i stora planlager och då är det en bra ventilation så genererad värme kan transporteras bort. Om man lastar in detta i ett tätt utrymme så leds inte värmen bort och det finns risk för självantändning. Detta tror jag personligen var vad som hände i Härnösand när deras silor fattade eld.

I detta fall skulle detta också kunna vara en svag efteroxidation som genererat kolmonoxiden. Du nämnde att varje lastrum var ca 20x30 m. Vi gissade en total höjd på 15 m vilket innebär en bruttovolym på ca 9000m³. Pellets har en positet av ca 50% vilket innebär att luftvolymen är ca 4500m³. Ni mätte en syrgashalt på 15% direkt i samband med öppning av en lucka, dvs 6% av syret i luften hade förbrukats. Grovt räknat innebär detta att 300-400 kg syre förbrukats och det motsvarar i energiutveckling på ca 4500 MJ. Om man antar att denna oxidation sker i alla pellets, dvs helt jämnt fördelat i lastrummet så skulle detta innebära en temperaturhöjning på i storleksordningen en grad C. Den energi som utvecklats motsvarar bara delar av en promille av hela lastens energiinnehåll.

Med andra ord finns det förutsättningar att en oxidation kan ske inne i utrymmet som skulle kunna generera dessa höga halter kolmonoxid samtidigt som det förbrukar syre. Det borde också funnits höga halter koldioxid, detta kan man se på FTIR-spektrat om det utvärderas ytterligare. Eftersom lastrummet var helt slutet har oxidationen avstannat och inget mera har hänt.

Peter Baeling, Lantmännen har följande teorier:

Man bör minnas att 1000 ppm är en promille. I 6 m³ pellets finns ca 3m³ gas. det är 133 mol gas. En promille CO är alltså 0,13 mol CO eller 3,7 g CO . det innebär att 4 g kolhydrat har oxiderats av ca 3 milj gram kolhydrat (3 ton) Den utvecklade energin synes inte tillräcklig för att tulla på. (egentligen effektutvecklingen. Gasbildningen tar nog tid.

Det förefaller således som om någon terpen, som finns i procenthalter i trä, eller annan liknande förening disproportioneras med tiden. En omättad förening kan oxideras, varvid vanligen O₂ bildar en peroxid med en dubbelbindning. Konjugerade dubbelbindningar är mer reaktiva. (sådana har påvisats i Växjö) Kan någon instabil peroxid falla sönder via avspjälkning av CO? skall jag tala med en duktig organisk kemist?

En slutsats är att bränsle råvarans ursprung (karaktär) och ålder är betydelsefull för både farlighet och självantändning

Hexanal är en välkänd biprodukt vid linolsyrans "torkning" Peroxidbildning vid dubbelbindningen vid C12, två aldehydgrupper bildas. Vid linolensyrans torkning bildas propanal, vilket ger den karaktäristiska linoljelukten. Hexanal är i det närmaste luktlös. (Linolensyra och linolsyra är de viktigaste fettsyrorerna i linolja, Linoljefärger "torkar" genom oxidation =tvärbinding, eterbryggor) Tallfettsyror är till ca 40 % linolsyra.
Linolsyra C18:2 vid C9 och C12
Linolensyra C18:3 vid C9, C12 och C15

Peter Baeling¹¹

Analysresultat

LTH har inlett analys av aktuella pellets och jämför dem med tidigare inkomna pelletskvaliteter. Inledande tester visade att pelletsen från Saga Spray fortsatte att utveckla kolmonoxid i rumstemperatur utan att brand eller biologisk process pågick. Utveckling av kolmonoxid från pellets är ett i sig intressant forskningsområde och nya kunskaper kommer att tillföras efter hand.

Sammanfattning och slutsatser

- Det är känt att pellets, liksom allt biologiskt material, inklusive icke torkat virke samt kol, utvecklar kolmonoxid och andra gaser samt reducerar syrehalten om de förvaras i slutna utrymmen. Vare sig transportbranschen, forskare eller myndigheter verkar ha uppfattat vilka höga halter som förekommer och vilka risker detta innebär.
- Vi har i Sverige utgått från vårt Nordiska klimat och förutsatt att det krävs en biologisk process som värmer upp pelletsen till en nivå där den kemiska reaktionen tar vid och skapar den farliga atmosfären. Vi har nu konstaterat att träpellets avger kolmonoxidhalter i dödlig halt vid rumstemperatur.
- Saga Spray har passerat tropiska klimat under sin resa till Sverige. Pelletarna är så reaktiva att de oxiderar spontant under dessa transport- och lagringsbetingelser.

¹¹ Peter Baeling, Lantmännen FoU Teknik, Box 30192, SE-104 25 STOCKHOLM, +46-(0)8 657 42 00

- Nuvarande strategi för att transportera träpellets är att försluta utrymmet så att fukt undviks till varje pris. Då byggs en farlig atmosfär upp som bara kan ventileras bort. Transport och lagring måste ske i fuktskyddade utrymmen med ventilation.
- Risken för förgiftning i samband med lucköppning är betydande om inte lastrummet ventilerats före öppning. Redan 5 minuter efter lucköppning är risken reducerad till normal.
- Risken för förgiftning i biutrymmen till lastrummet såsom lejdarschakt och korridorer under däck som inte är gastätt avskilda från lastutrymmet är betydande om dessa inte ventilerats innan de beträds. En kort ventilering i enlighet med gällande IMO föreskrifter ombord fartyg eliminerar dock risken. Det protokoll som stipuleras i SCIS är helt avgörande för säker arbetsmiljö ombord vid lossning. Risken är mer påtaglig i fartyg med tillslutna lejdarschakt, på vissa fartyg utan möjlighet till aktiv ventilering, jämfört med fartyg som har lejdare i själva lastrummen. Syrehaltsmätare är inte adekvat mätutrustning för att indikera annat än syrehalt. Man måste ha sensorer för det ämne man vill indikera.
- Hantering med skoplossning och transport på band och lagring uppvisar inga nya risker.
- Lagring i väl ventilerat planlager kan hålla nere kolmonoxidhalten till acceptabla nivåer, även här bör kolmonoxidhalten kontrolleras.

Kommunikation

Riskerna med träpellets bör komma till allmän kännedom. Helsingborgs Hamn AB klara själva inte att kommunicera ut riskerna till alla berörda parter. Nedan följer en hemställan om hjälp med informationen från myndigheter och organ inom respektive fackområde.

Förslag till kommunikationsplan

Organ	Mottagare
Arbetsmiljöinspektionen	Arbetsplatser,
Sjöfartsinspektionen	Sjöfarten, IMO
LTH	Pelletsforskning, Brand och Riskutbildning
SP	Pelletsforskning, Pelletsbranschen
HHAB	Sveriges Hamnar (52 st)
Helsingborgs Brandförsvär	Lokal Räddningstjänst och Ambulanssjukvård
Räddningsverket	Sveriges Räddningstjänster Boverket
Sveriges Hamnar	Sveriges hamnar

HELSINGBORGS HAMN AB

Mats Rosander
Trafikchef

Bilaga 1

Provtagning med FTIR av luft i lastutrymmen på M/V Saga Spray den 18:e november 2006 kl 10:30

För att bestämma halterna av kolmonoxid och andra ämnen i lastutrymmen, genomfördes provtagning ombord på M/V Saga Spray den 18:e November 2006. Gas pumpades från ett slutet, ej tidigare ventilerat lastutrymme med träpellets (nr 5?) till Tedlarpåsar för senare analys. Även luft från ett öppet lastutrymme där skopning pågått provtogs från omkring 0.5 m ovanför pelletsytan, vilken befann sig ca 10 m ned från lastrummets ovankant. Proverna analyserades sedan på plats med FTIR-spektroskopi (Fourier Transform InfraRöd). Väderförhållandena vid provtagningen var mulet med sydliga vindar omkring 5 m/s.

Mätmetoden FTIR bygger på att man sänder infrarött ljus genom en gas, och sedan registrerar ljusintensiteten efter passage genom provet som funktion av ljusets våglängd. Olika ämnen absorberar ljus på ett unikt sätt, och graden av absorption är direkt kopplad till koncentrationen.

Resultaten är preliminära, men kan betraktas som ganska säkra ($\sim \pm 10\%$)

Tabell 1. Preliminära resultat. Alla data är utöver bakgrundshalter i atmosfären.

Provtagningsplats 061118 kl 10:30	CO	Eten	Propen	Metan
Slutet pelletslastrum, ej ventilerat. Provtagning ca 1 m in i utrymmet via sidolucka.	5410 ppm	13 ppm	11 ppm	598 ppm
Öppet pelletslastrum, skopat ner till ca 10 m från ovankant av lastrummet. Provtagning 0.5 m ovan pelletsytan.	0.23 ppm	Ej detekterbart	Ej detekterbart	0.41 ppm

Utöver dessa ämnen ser vi förekomst av aldehyder och andra kolväten som ej kvantifierats än. Halterna är generellt mycket högre i det slutna än i det öppnade lastrummet.

Fortsatta analyser kommer att göras och en mer fullständig rapport med förslag på framtida studier av förloppen i samband med transport-, lagring och lossning av träpellets kommer framöver.

På följande sidor visas spektra och anpassningar som ligger till grund för data i tabell 1.

Vänligen,

Urban Svedberg Jerker Samuelsson

Yrkesmedicin FluxSense AB

Sundsvalls Sjukhus Chalmers/Radio och Rymdvetenskap

851 86 Sundsvall 412 96 Göteborg

urban.svedberg@lvn.se samt jerker.samuelsson@fluxsense.se

Emission of Hexanal and Carbon Monoxide from Storage of Wood Pellets, a Potential Occupational and Domestic Health Hazard

URBAN R. A. SVEDBERG^{1,2*}, HANS-ERIK HÖGBERG³, JOHAN HÖGBERG⁴ and BO GALLE⁵

*Author to whom correspondence should be addressed. Fax: +46-60-18-19-80; e-mail: urban.svedberg@lvn.se

¹Department of Occupational and Environmental Medicine, Sundsvall Hospital, SE-851 86 Sundsvall;

²Department of Medical Sciences/Occupational and Environmental Medicine, Uppsala University, SE-751 85 Uppsala;

³Mid Sweden University, Department of Natural and Environmental Sciences, SE-851 70 Sundsvall;

⁴Karolinska Institute, Institute of Environmental Medicine, Box 210, SE-171 77

Stockholm; ⁵Department of Radio and Space Science, Chalmers University of Technology, SE-412 Göteborg, Sweden

Received 23 June 2003; in final form 15 October 2003; published online on 10 March 2004

Objectives: The objective of the present study was to investigate and describe the emissions of volatile compounds, particularly hexanal and carbon monoxide, from large- and small-scale storage of wood pellets.

Methods: Air sampling was performed with Fourier transform infrared spectroscopy and adsorbent sampling in pellet warehouses, domestic storage rooms, lumber kiln dryers and experimental set-ups. Literature studies were included to describe the formation of hexanal and carbon monoxide and the toxicology of hexanal.

Results: A geometric mean aldehyde level of 111 ± 32 mg/m³ was found in one warehouse, with a peak reading of 156 mg/m³. A maximum aldehyde reading of 457 mg/m³ was recorded at the surface of a pellet pile. Hexanal (70–80% w/w) and pentanal (10–15% w/w) dominated, but acetone (83 ± 24 mg/m³), methanol (18 ± 7 mg/m³) and carbon monoxide (56 ± 4 mg/m³) were also found. The emissions in a domestic storage room varied with the ambient temperature and peaked after 2 months storage in the midst of the warm season. Aldehyde levels of 98 ± 4 mg/m³ and carbon monoxide levels of 123 ± 10 mg/m³ were recorded inside such storage rooms. Elevated levels of hexanal (0.084 mg/m³) were recorded inside domestic housing and 6 mg/m³ in a room adjacent to a poorly sealed storage area. Experimental laboratory studies confirmed the findings of the field studies. A field study of the emissions from industrial lumber drying also showed the formation of aldehydes and carbon monoxide.

Conclusions: High levels of hexanal and carbon monoxide were strongly associated with storage of wood pellets and may constitute an occupational and domestic health hazard. The results from lumber drying show that the emissions of hexanal and carbon monoxide are not limited to wood pellets but are caused by general degradation processes of wood, facilitated by drying at elevated temperature. Emission of carbon monoxide from wood materials at low temperatures (<100°C) has not previously been reported in the literature. We postulate that carbon monoxide is formed due to autoxidative degradation of fats and fatty acids. A toxicological literature survey showed that the available scientific information on hexanal is insufficient to determine the potential risks to health. However, the data presented in this paper seem sufficient to undertake preventive measures to reduce exposure to hexanal.

Keywords: air sampling; exposure; FTIR; work environment

340 U. R. A. Svedberg *et al.*

Bilaga 3

Exempel på mätresultat vid pelletshantering i Helsingborgs Hamn

CHECKLISTA – MÄTNING

Fartyg	Silva	Datum	2006-11-29
Plats	903	Last	Vit träpellets

Mätresultat

O_2 = Syrgas, CO = Koloxid, H_2S = Svavelväte, LEL = Lower Explosive Limit (Undre brännbarhetsgränsen)
Hygieniskt gränsvärde för CO , s.k. Nivå gränsvärde(NGV) vilket är det värde som accepteras under en hel arbetsdag är = 35 ppm.

I respektive kolumn anges vilket normal värde som skall uppmätas

Tid (kl.)	Var	O_2 (20,9%)	CO (0 ppm)	H_2S (0 ppm)	LEL (0%)	Annat	Produktionsledare	Skyddsombud / Signalman
0700	Kajen	20,9	0	0	0		Christian	Stefan
0700	Manhål akter	16,8	201	0	0		Lastluckan var öppen när vi kom	
0700	Manhål akter 2m ner	20,4	106	0	0			
0700	Manhål fören 1m ner	20,9	231	0	0			
0700	Lastluckan	20,9	0	0	0			
1200	Manhål akter 1m ner	16,7	0	0	0		Christian	Göran
1200	Lastluckan	20,5	71	0	0		Mätning efter regn 1200	
1200	Manhål fören 1m ner	20,6	11	0	0			
2000	Manhål akter 5,5m ner	20,7	0	0	0		Christian	Göran
2000	Lastluckan 8m ner	20,7	0	0	0		Mätning under körning 2000	