

Picture Mix Exposure (PIMEX)

PIMEX – allmän idé

Att göra en annars osynlig arbetsmiljöfaktor synlig, att visualisera den, är i många sammanhang ett mycket värdefullt hjälpmedel i ett utvecklingsarbete.

Ambitionen i samband med yrkeshygieniska mätningar är ofta att åstadkomma en bättre miljö på den arbetsplats där undersökningen utförs. Det finns tyvärr många exempel där mätningarna enbart resulterat i en rapport som läses av ett fåtal. Orsakerna till detta kan naturligtvis vara flera, men ett av de större problemen i sammanhanget är att på ett begripligt sätt förmedla hygienikerns alla kunskaper om förhållandena på den aktuella arbetsplatsen och vad som kan göras. Hur noga än analyser och beräkningar har utförts, kommer den åsyftade effekten, miljöförbättring, att vara beroende av hur bra mottagaren förstår budskapet. Hjälpmedel för visualisering kan då ha stor betydelse. Det ger förutsättningar för en samverkan där berördas kunskaper kan förädlas för att ligga till grund för ett utvecklingsarbete.



Att använda visualiseringsmetoder för detta ändamål har visat sig vara mycket användbart inte bara för att undersöka orsaker till exponeringar i speciella fall utan också för att fungera som en katalysator för att få igång ett utvecklingsarbete på en arbetsplats. Utgående från i första hand PIMEX som metod har därför en strategi kallad WISP (Workplace Improvement Strategy by PIMEX) utvecklats.

Teknisk beskrivning – hur går det till och vad behövs

Olika typer av direktvisande mätinstrument är viktiga hjälpmedel för åtgärdsinriktad mätning av luftföroreningskoncentrationer på arbetsplatser. Snabba, i en del fall små batteridrivna mätinstrument ger möjlighet att samla in stora datamängder från olika tidpunkter och mätpunkter. Ett problem som snabbt uppträder är att relatera denna mängd av data till faktorer på arbetsplatsen som kan förklara förändringar i koncentrationen av den aktuella luftföroreningen. Ett vanligt sätt att är ta ut informationen från instrumentet på en skrivare,

eller till någon typ av datalogger, som då ger möjlighet att i efterhand relatera uppmätta koncentrationer till en exakt tidpunkt. Vid den efterföljande analysen kommer man då att vara helt beroende av noggranna anteckningar av vad som hänt på arbetsplatsen vid olika tidpunkter. Praktiska erfarenheter visar att det inte är möjligt att fånga upp annat än en bråkdel av de händelser som visar sig påverka mätvärdet. Det var mot den bakgrunden som ett arbete började 1984 med att studera möjligheten att utnyttja videofilmning som ett komplement till de direktvisande mätinstrumenten med avsikt att på ett mer effektivt sätt lagra information om händelser av betydelse på arbetsplatsen

Den metod som blev resultatet av utvecklingsarbetet gavs namnet PIMEX, ett akronym för orden Picture Mix Exposure vilket alltså antyder att metoden bygger på att blanda bild, i det här fallet från en videokamera med information om data om en arbetares exponering för något agens.

I sin nuvarande utformning består den utrustning som utvecklats vid Arbetslivsinstitutet i Sverige av följande grunddelar:

- Ett direktvisande mätinstrument för exempelvis luftföroreningar som placeras i en liten ryggsäck som skall bäras av den undersökta arbetaren
- En videokamera
- En standard PC med Windows operativsystem samt särskild programvara
- Särskild hårdvara för att ta in mätsignal i datorn

Till mätinstrumentet ansluts en kortare slang av lämplig kvalitet på ett sådant sätt att provet kan tas i arbetarens andningszon. Av praktiska skäl innebär detta oftast på skuldran. Till instrumentets skrivarutgång ansluts antingen en kabel eller en sändare för trådlös överföring av signalen (telemetri). Sändare i storlek som med lätthet kan rymmas i den använda ryggsäcken finns tillgängliga på marknaden.

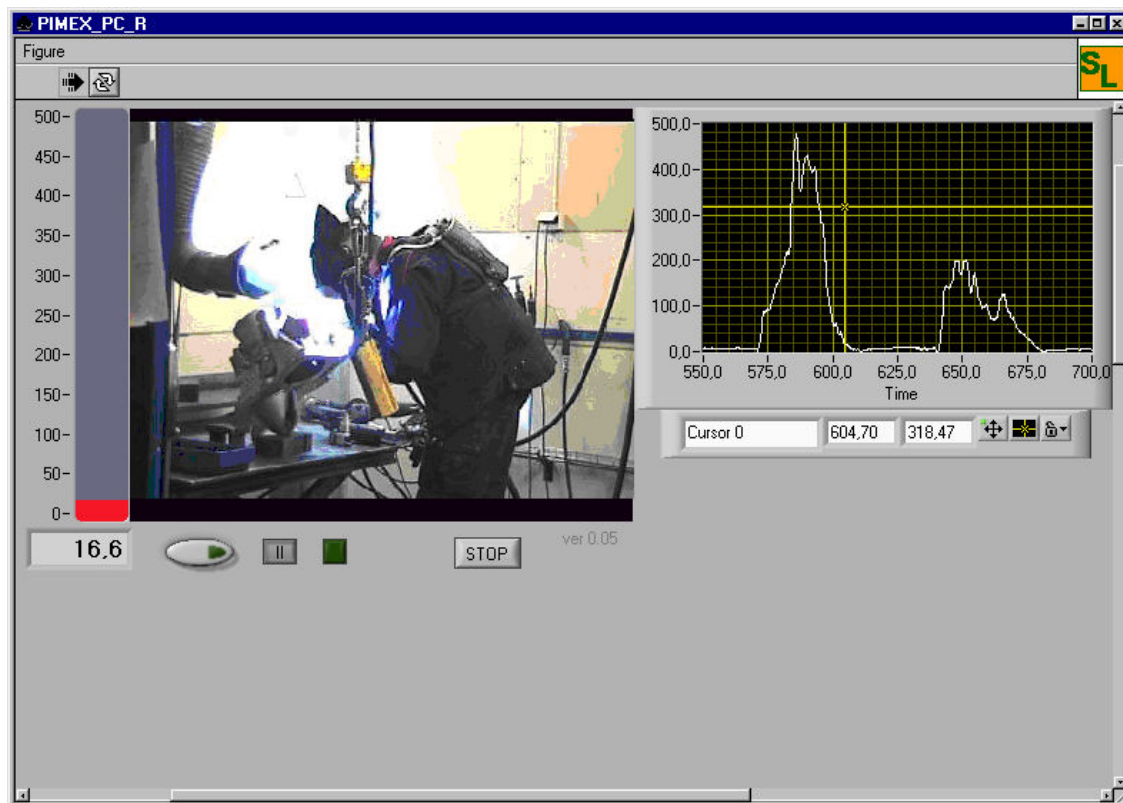
Videokameran placeras normalt på ett stativ och hålls under pågående mätning riktad mot arbetsplatsen. Om ett vidvinkelobjektiv används kan kamerapositionen ofta vara fast om arbetet inte är alltför rörligt. I annat fall krävs en kameraman som följer arbetaren med kameran.

De mätinstrument som skall användas för PIMEX-metoden måste ha kort responstid, helst inte över någon eller möjligtvis några få sekunder. Orsaken till detta är att en förändring i mätvärdet måste kunna relateras till den händelse som orsakat förändringen. Den responstid som är typisk för instrument som baserats på halvledardetektorer eller elektrokemiska celler är därför för lång. Om mätvärdet stiger som ett resultat av något som visades i videofilmen en minut tillbaka i tiden kommer bara förvirring att bli resultatet. För att kunna bäras i en

ryggsäck måste instrumentet vara relativt litet, lätt och helst batteridrivet. En instrumenttyp som uppfyller dessa krav är fotojonisationsinstrument som kan användas för flertalet flyktiga organiska ämnen (VOC) men även för ett några oorganiska gaser. En annan är ljusspridningsinstrument för aerosoler. Båda dessa instrumenttyper har dessutom detektionsgränser som oftast väl räcker till för åtgärdsinriktade mätningar på arbetsplatser. Tillsammans kan de användas för att (ospecifikt) mäta mer än hälften av ämnena på den svenska listan över hygieniska gränsvärden. Det faktum att dessa instrument inte mäter specifikt utgör sällan något större problem vid åtgärdsräkningar. Flera andra instrumenttyper kan naturligtvis också användas, om än ibland med vissa begränsningar. Är instrumentet stort, tungt eller nätanslutet går det kanske att dra en längre slang från arbetarens andningszon till instrumentet om arbetet är stationärt.

Telemetri för trådlös överföring av mätsignalen från instrumentet till videomixern är mycket värdefullt eftersom det ger arbetaren möjlighet att röra sig i stort sätt obehindrat av mätningen. Erfarenheten visar dock att det i många fall också går utmärkt att överföra signalen via en kabel om den undersökta arbetaren sitter vid sin arbetsplats eller endast rör sig begränsat. Några exempel på detta är svetsning, sprutmålning i sprutbox, laboratoriearbete i dragskåp etc.

Den programvara som utvecklats vid Arbetslivsinstitutet (kallad PIMEX-PC) ger möjlighet att på datorns hårddisk lagra inspelad videofilm och mätdata i 20-minutersavsnitt. På en normalstor hårddisk kan tillräckligt många sådana inspelningar lagras för insamling av mätdata under en dag. Videofilmerna med mätdata kan därefter redigeras och komprimeras för lagring på CD-ROM. Möjligheter finns därför för att leverera resultatet av en undersökning på en CD-ROM med både text och PIMEX-illustrationer.



Figur 1. Exempel på hur video och data presenteras i PIMEX-PC. I rutan visas videobilden. Omedelbart till vänster om bilden finns en stapel vars höjd motsvarar aktuell exponering. Siffran (16,6) vid bildens nedre vänstra hörn är samma mätvärde digitalt. Grafen till höger om videobilden ger en överblick över hur exponeringen varierat under hela det aktuella tidsavsnittet. Den lodräta linjen i denna figur markerar aktuell tidpunkt för videon. Exemplet visar en svetsares exponering för svetsrök.

På datorskärmen visas (se figur 1) under pågående datasamling videobilden samt dessutom aktuellt mätvärde digitalt, som en stapel eller som en graf där mätvärdet ritas ut som en funktion av tiden för det senaste tidsavsnittet (valfri tid). Vid återuppspelning kan dessutom mätvärdet visas grafiskt för en tidsperiod som täcker upp till hela mätningen. En markör visar då på grafen var i avsnittet man befinner sig för tillfället. Det är möjligt att visa alla presentationsvarianter samtidigt eller att välja bara någon eller några. Förutom bilden av en person som arbetar med tillverkning av en produkt i armerad esterplast, visas den för stunden aktuella exponeringen för styren som en röd stapel till vänster om bilden. Till höger visas en graf över hur exponeringen varierat under hela mätperioden och en lodrät linje som markerar det aktuella läget. Insamlade data lagras i en textfil som kan läggas in i exempelvis Excel för vidare bearbetningar.

Direkt åtgärdsarbete

I samband med direkt åtgärdsarbete på arbetsplatser uppnås framför allt tre viktiga effekter med PIMEX. Berörd personal får genom att titta på inspelat material en ökad förståelse för sambandet mellan situationen på arbetsplatsen och den uppkomna exponeringen. Denna kunskap är betydligt svårare att förmedla då mätresultaten presenteras i rapporter, tabeller eller figurer. Att resultatredovisningen kan ske i omedelbar anslutning till mätningen underlättar ytterligare. Den andra positiva effekten är det ofta ökade intresset för frågor kring arbetsmiljön. Att få se sig själv på videofilmen tillsammans med informationen om hur exponeringen varierar beroende på arbetsmetod etc. utgör ofta en positiv kick. Det kanske mest betydelsefulla är den information som den sakkunnige ventilationsteknikern, yrkeshygienikern eller motsvarande, kan få ur videofilmen. Materialet ger möjlighet till en detaljerad granskning av effekten av olika åtgärder på arbetsplatsen som exempelvis inkapsling av maskiner, förändrad ventilation eller nya arbetsmetoder. Dessa tre effekter utgör en mycket viktig grund för ett effektivt åtgärdsarbete.

Produktion av utbildningsmaterial

Att ta till vara och sammanställa kunskaper från PIMEX-undersökningar i olika miljöer ger ett bra underlag till utbildningar. Utbildningsfilmer riktade mot olika branscher eller olika typer av problemställningar ger möjligheter till att sprida resultat om lyckade eller misslyckade arbetsmiljösatsningar till många arbetsplatser. Det är mer vanligt än ovanligt att flera arbetsplatser arbetar med samma problemställningar eller har likartade förutsättningar. Den här typen av filmer kan produceras enkelt med hjälp av de programvaror som ingår i t.ex. Windows (Windows Movie Maker). Filmen är lätt att komplettera med en speakertext eller med texttrutor mellan filmklippen. Även om dessa filmer inte håller högsta kvalitet så är de fullt tillräckliga för att föra fram det tänkta budskapet.

Forskning

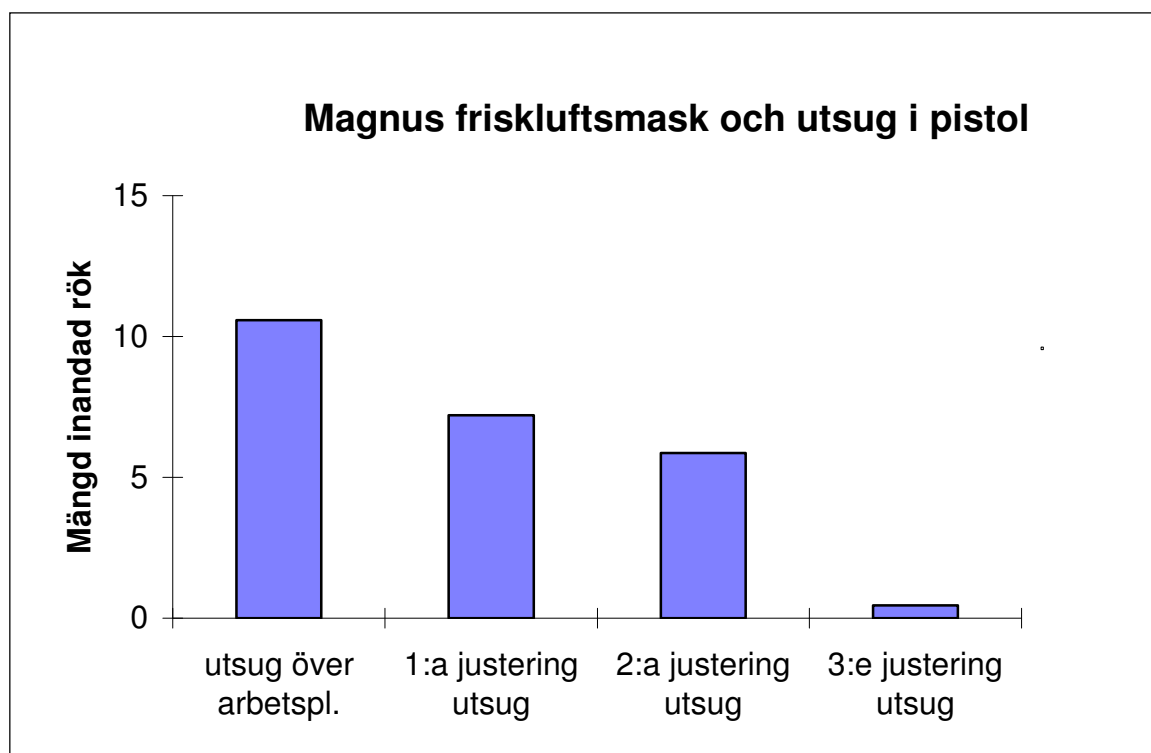
Som ett verktyg i forskningen erbjuder PIMEX många möjligheter. Den komplexa information som finns i en videobild i kombination med mätdata från ett eller fler mätinstrument kan utgöra underlag för forskning om t.ex. kopplingen mellan produktionsparametrar och exponering. Tekniken har också använts för att utvärdera effekten av olika ventilationssystem i ett specifikt arbetsmoment.

Exempel på tillämpningar

PIMEX-metoden har sedan 1985 använts för att finna orsaker till problem på arbetsplatser och för att understödja åtgärder mot problemen. Användningsområdena har främst avsett luftföroreningar, muskelbelastning och fysikaliska faktorer som buller men även andra tillämpningar har provats. PIMEX används bland annat i Finland, Österrike, England, USA och Australien förutom i Sverige.

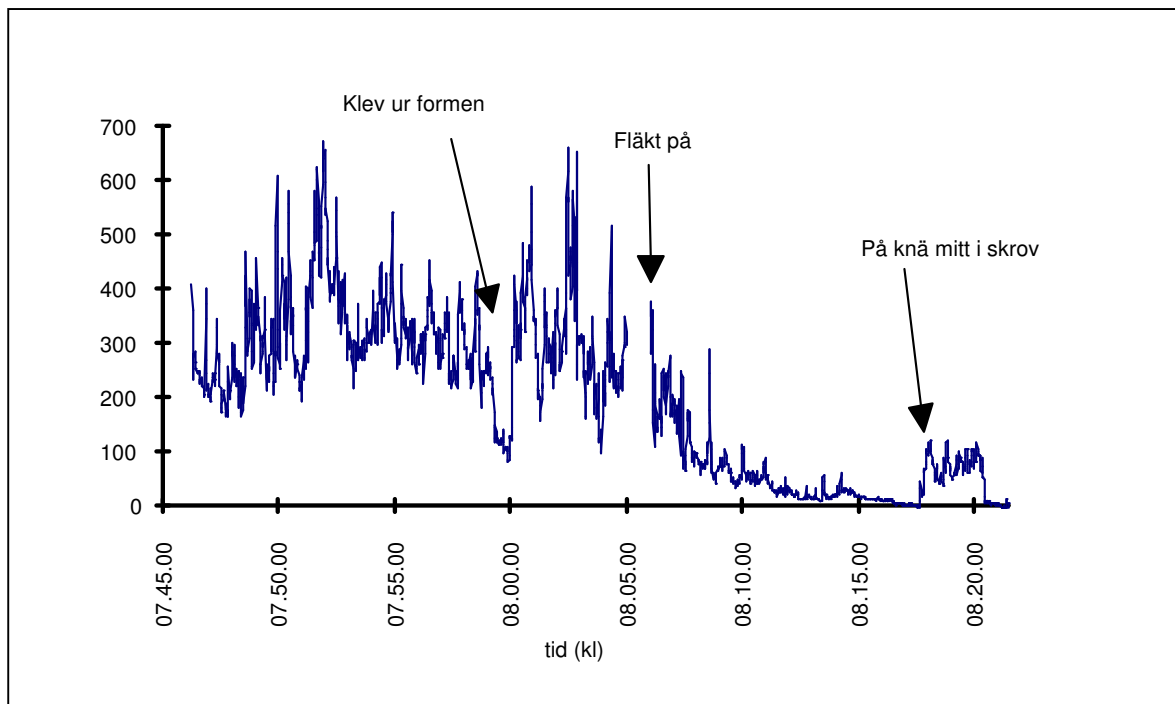
Inom ramen för WISP-projektet genomfördes projekt på nio företag i Finland, Österrike och Sverige med syftet att utveckla en strategi för hur metoden bäst kan användas för att initiera

och katalysera ett utvecklingsarbete med syftet att förbättra arbetsmiljön. I Sverige utfördes sådana projekt på en verkstadsindustri där exponering för svetsrök var problemet, en träindustri där lösningsmedel vid ytbehandling var problemet och en fabrik för fritidsbåtar där styrenexponering var problemet. I samtliga fall visade det sig vara möjligt att genom små förändringar minska personalens exponering kraftigt utan att några andra förändringar gjordes än att utnyttja ventilationen på ett effektivare sätt. Samspelet mellan de exponerade som utförde arbetet och de som bistod med PIMEX-metoden ledde till ökad förståelse för varför exponeringen uppkommer vilket i sin tur gav kunskaper som gjorde det möjligt att i betydande grad undvika exponering. I figur 2 visas ett exempel på hur en av svetsarna kunde minska sin exponering för svetsrök genom att använda tillgängliga utsug bättre. Efter tre justeringar av utsuget visade det sig vara möjligt att minska exponeringen för svetsrök med 90 procent.



Figur 2. Sänkt exponering för svetsrök som ett resultat av bättre användning av punktutsug.

Liknande resultat nåddes vid arbetsplatsen för sprutmålning av möbler genom att personalen kunde medverka i sökandet efter lösningar och fick en omedelbar feedback på vad deras förslag till lösningar gav för resultat. På båtfabriken var ett av de större problemen manuell laminering av polyesterplast i skrovformar. I figur 3 visas hur exponeringen för styren ändrades för en person under ett försök att utnyttja ventilationen bättre. En mycket kraftig sänkning visade sig vara möjlig efter en dryg halvtimmes prov.



Figur 3. Styrenexponering i samband med försök att bättre utnyttja ventilationen vid laminering av båtskrov.

Antalet exempel på liknande situationer är åtskilliga. I många fall har det visat sig vara möjligt att ta bort 90 procent av exponeringen efter någon timmes arbete med PIMEX tillsammans med berörd personal bara genom att utnyttja befintliga förutsättningar effektivare.

e-rapport

Som ett utökat underlag för arbetsplatsens utvecklingsarbete har en mall för elektronisk rapportering av resultat från PIMEX-undersökningar arbetats fram.

Rapporten är tänkt att överlämnas till företaget efter en PIMEX-mätning med uppmaning att alla på arbetsplatsen ska ha möjlighet att gå igenom materialet. På cdn finns, för den som vill, frågor att svara på som en ledning då man tittar på videomaterialet. I ett uppföljningsmöte ger de som genomfört undersökningen arbetsplatsen en möjlighet att diskutera och utveckla idéer och frågor som uppkommit då man tittat på cdn.

The screenshot shows a web-based report interface. On the left, a yellow sidebar contains a table of contents with links: [Report from PIMEX study](#), [Workplaces](#), [Instructions for viewing of video](#), and [Technical specifications](#). The main content area is titled "Report from PIMEX study" and includes the following text:

Company: Screen-printing ltd.
Date: June 16, 2005
Company contact person: Mr Lagerstedt
Employee contact person: Mr Johnsson
PIMEX contact persons: Dr Andersson and Dr Rosén
Objectives: Identification of work tasks and situations causing increased exposure to air contaminants.
Measured agent: A mix of solvents, mainly etanol, 2-(methyl etoxi+)-acetate, toluene, acetone, ethyl acetate, iso-butanol.

Introduction
Screen-printing ltd. produce among other things printed stickers and other types of printed material on paper and plastic. The company have one manager and four employees working with different work tasks. The printing is carried through in two printing lines served by the four workers. The two lines are placed in a bigger room. Two small separate rooms contain cleaning equipment for screen-frames respective paint storage and a bench for mixing of paint. Paint containing low volatile solvents was used. PIMEX measurements were carried through at the lines and during mixing and cleaning.

On the right side of the report, there is a vertical column of six small photographs showing workers in a printing environment.

Figur 4. Första sidan i den elektroniska rapporten.

För att undvika installation av extra programvaror öppnas rapporten enkelt i en webbläsare. I den vänstra spalten finns en innehållsförteckning och möjligheter att gå vidare till andra sidor. Första sidan innehåller också, på höger sida, kontaktuppgifter och en introduktion till arbetsplatsen.

[Report from PIMEX study](#)
[Workplaces](#)
[Instructions for viewing of video](#)
[Technical specifications](#)

Workplaces

Insert a picture from the workplace

Paint mixing room

Insert a picture from the workplace

Mixing of paint

A small room was used for storage of paint. In the same room paint was mixed at a bench.

One of the four workers who were preparing for the next job mixed the paint. He used different bases of paint too get the right colour. The paint was also dilute with solvents.

There was no separate exhaust system at the mixing bench.

[Click on video](#)

Lines for printing

The day of investigation stickers were printed in line number 1 and hard plastic sheets in line number 2. The two lines are exactly similar but reversed in the room. Two workers, feeding and receiving of work pieces, manned the two lines.

Paint of type of type [Polyplastic PY](#) respective [Multilet LO](#) was used.

The ventilation was on and checked to be in normal function.

[Click on video](#)

Figur 5. De olika studerade arbetsmomenten presenteras under rubriken arbetsplatser (Workplaces).

En bild med beskrivning från varje undersökt arbetsmoment återfinns i mittspalten respektive höger spalt. Under varje textavsnitt finns en länk till en PIMEX-video och en sida med frågor som hjälp vid självstudier.

I rapporten finns också en sida som beskriver hur man tittar på PIMEX-video och ytterligare en sida med teknisk specificering av PIMEX-metoden.

Liknande principer för elektronisk rapportering har utarbetats av det företag i Österrike som tillhandahåller KOHS-PIMEX. (länk).

PIMEX-historia

PIMEX-metoden (från Picture Mix EXposure) innebär att en person videofilmas på sin arbetsplats samtidigt som dennes exponering för någon arbetsmiljöfaktor av intresse mäts med ett direktvisande mätinstrument. Arbetsmiljöfaktorn kan vara kemiska eller fysikaliska exponeringar som luftförorening och buller men också effekter av exponeringar som muskelbelastning eller hjärtfrekvens. Mätresultatet visas grafiskt i anslutning till videobilden direkt i samband med inspelningen eller vid senare tillfälle. I tidigare versioner av PIMEX användes videobandspelare för att lagra resultatet och den mätta exponeringen eller

belastningen visades med hjälp av en stapel i bildkanten. I senare utvecklade versioner görs såväl lagring av video och data som uppspelning av resultatet på en dator. Genom att använda snabba direktvisande mätinstrument blir det möjligt på detaljnivå studera hur olika sätt att utföra arbetet påverkar belastningen. Det är denna egenskap hos PIMEX-metoden som ger utmärkta möjligheter att involvera berörda arbetstagare i åtgärdsarbetet på ett sätt som tydligt ökar motivationen för förändringar och möjligheterna att lära hur riskerna kan minskas. Genom att metoden gör det lättare att förstå sambandet mellan hur arbetet utförs och vilka belastningar som uppstår kan också kommunikationen mellan arbetsmiljöexperten och den berörda underlättas. På det sättet kan arbetstagarens kunskaper nyttiggöras bättre i åtgärdsarbetet (Andersson et al 1993, Rosén 1999).

PIMEX utvecklades under 1980-talet och har sedan dess vidareutvecklats och används i flera länder både i Europa, USA och Australien. I en review-artikel har Rosén m.fl. beskrivit utvecklingen (Rosén et al. 2005). Den första kommersiellt tillgängliga utrustningen, som byggde på sammanfogning av mätsignal och video i en särskild videomixer, tillverkades i Sverige och såldes i ett femtiotal exemplar fram till mitten av 1990-talet. Under 1990-talets slut hade utvecklingen inom datorområdet gjort det möjligt att helt datorisera tekniken. Vid Arbetslivsinstitutet i Sverige utvecklades därför en ny variant som helt baseras på användningen av en standarddator med särskild programvara förutom videokamera och mätinstrument. Varianten kallas PIMEX-PC. Ambitionen i utvecklingsarbetet har varit att underlätta ökad användning av metoden genom att så långt möjligt hålla ned kostnaden och att göra nödvändig programvara fritt tillgänglig under särskilda villkor.

I Österrike och Frankrike har två olika system utvecklats (KOHS PIMEX respektive CAPTIV) och gjorts tillgängliga på marknaden. Health and Safety Laboratory (HSL) i Storbritannien har utvecklat ett system kallat ELVis (Exposure Level Visualisation) men som inte gjorts tillgängligt på marknaden. Istället erbjuder HSL service i form av undersökningar. På liknande grund utvecklade VTT Technical Research Centre i Finland ett system kallat FINN-PIMEX som framförallt användes inom forskningen men också i samband med genomförandet av serviceuppdrag. Vid NIOSH och senare vid Purdue University i USA har parallellt med utvecklingen i Europa liknande system utvecklats. Utvecklingen där har inriktats mot användningen av trådlösa system och överföring av resultaten via Internet. Även i andra länder har varianter som mer eller mindre utgått från PIMEX-metoden utvecklats vid universitet och andra forskningsinstitut. Ett exempel är den teknik som utvecklats vid Griffith University i Australien där data från mätningen lagrades på videobandet ljudspår. I senare utveckling har utrustningar som bygger på en teknik som mer liknar övriga beskrivna utvecklats.

Allt eftersom flera grupper tillämpar metoden så ökar också efterfrågan på en vidareutveckling med önskemål om olika specialtillämpningar. För att möta egna och andras önskemål om en väl fungerande och effektiv metod så har National Institute for Working Life i Sverige tillsammans med VTT i Finland vidareutvecklat PIMEX-PC.

Operationalisering av Moveit

Referenser

Andersson I-M, Niemelä R, Rosén G, Säämänen A. (1993) Control of Styrene Exposure by Horizontal Displacement Ventilation. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 8 1031-1037.

Andersson I-M, Byström L-E, Riipinen H, Rosén G. (2003) Hazard Prevention and Control in the Work Environment: Airborne Dust. CD-ROM package, National Institute for Working Life, Stockholm, Sweden.

Andersson I-M, Niemelä R, Rosén G, Welling I, Säämänen A. (1991) Evaluation of a local ventilation unit for controlling styrene exposure. *Ventilation 91. Proceedings of 3rd International Symposium on Ventilation for Contaminant Control, Cincinnati, 16-20 September (1991)* 161-166. ACGIH.

Andersson I-M, Rosén G (1993) Visualisation of airborne particles with real-time monitoring instruments and video. In: *Asbestos Risks and Medical Advances. Vol. 8 of the Sourcebook on Asbestos Diseases: Medical, Legal and Engineering Aspects.* Edited by George A. Peters and Barbara J. Peters. Butterworth Legal Publishers. p. 287-301.

Andersson I-M, Rosén G, Kristensson J. (1991) Evaluation of a ceiling-mounted low-impulse air inlet unit for local control of air pollution. *Ventilation 91. Proceedings of 3rd International Symposium on Ventilation for Contaminant Control, Cincinnati, 16-20 September (1991)* 209-213. ACGIH.

Andersson I-M, Rosén G. (1994) Controlling exposure to styrene during lamination of large moulds. Evaluation of the IVF booth. *Ventilation 94. Proceedings of 4th International Symposium on Ventilation for Contaminant Control, Stockholm, 5-9 september (1994)* 289-294. *Arbete och Hälsa* 1994:18.

Andersson I-M, Rosén G. (1990) How to educate welders to use local exhaust ventilation. *Proceedings. American Hygiene Conference. 13-18 May, 1990, Orlando, Florida* p 197.

Andersson I-M, Rosén G. (1993) Visualization of Airborne Particles with Real-Time Monitoring Instruments and Video. *Sourcebook on Asbestos Diseases* 8.

Andersson I-M, Rosén, G (1995) Detailed work analysis for control of exposure to airborne contaminants in the workplace. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 10 537-544.

Andersson, I-M; Riipinen, H; Rosén, G; Säämänen, A; Walsh, P (2002). Visualisation of real time exposure. IOHA 5th International Scientific Conference. Professional Development Session. Bergen, Norway, 10-14 June, 2002.

Andersson, Ing-Marie; Heinonen, Kimmo; Karjalainen, Juha; Leisser, Herbert; Novak, Hubert; Pääkkönen, Rauno; Riipinen, Hannu; Rosén, Gunnar; Säämänen, Arto. (2000) Workplace improvement strategy by PIMEX – WISP. 4th International Scientific Conference of the International Occupational Hygiene Association. Cairns, Australia, 10 - 14 July, 2000p 43.

Arnold S et al. (2003). Dispersion of air pollution & penetration into the local environment DAPPLE. Accepted for publication in *The Science of the Total Environment*.

Bromwich D.W. (1995) Teaching noise control with video overlay. Proceedings of Asian Conference on Occupational Health and Safety "Towards Health and Safety at Work" Eddington I ed. pp105-108, Brisbane, September 1995.

Castings Technology International (1998) Dust and fume in foundries. Video available from Castings Technology International, Sheffield, UK (www.castingstechnology.com).

Clark RDR (2003). HSL report, to be published.

Cook CK, Kovein RJ (1997) Exposure of service station attendants to oxygenated gasoline containing methyl tert-butyl ether. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 12, 571-576

Crouch KG, McGlothlin JD, Johnston OE (2000) A long-term study of the development of N₂O controls at a pediatric dental facility. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 61 753-756.

Dowker K P, Guiver R, Clark RDR, Walsh PT, Piney M, Helps J (2004) Laboratory and Field Evaluation of Solder Fume Tip Extraction Systems using Real-Time Monitors. Presented at BOHS Annual Conference, 20-22 April, 2004, Stratford, UK.

Earnest GS (2002) A control technology evaluation of state-of-the-art, perchloroethylene dry-cleaning machines. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 17 352-359

Enbom S, Säämänen A (1998) Control of enzyme and dust exposure in bakeries (in Finnish: Entsyymialtistumisen vähentäminen leipomoissa), Final report, VTT Valmistustekniikka, Tampere. 28 p.

European Commission (2002). Adapting to change in work and society: a new Community strategy on health and safety at work 2002-2006. Commission of the European Communities. Brussels.

Evans P, Walsh P, Lewis S, Old R (2001) BOHS Technical Guide 15 - Direct Reading Devices for Airborne Chemical Contaminants. BOHS. Online at www.bohs.org/

Gray MI, Unwin J, Walsh PT, Worsell N. (1992) Factors influencing personal exposure to gas and dust in workplace air: application of a visualisation technique. *Safety Science*, 15, 273-282.

Gressel MG (1997) An evaluation of a local exhaust ventilation control system for a foundry casting-cleaning operation. *Amer. Ind. Hyg. Assoc. J.* 58, 354-358

Gressel, MG; Heitbrink, WA (Tech. Eds) (1992). Analyzing Workplace Exposures Using Direct Reading Instruments and Video Exposure Monitoring Techniques. DHHS (NIOSH) Pub. No. 92-104. Cincinnati, Ohio.

Gressel M, Heitbrink WA, McGlothlin JD, Fischbach TJ. (1987) Real-time, integrated, and ergonomic analysis of dust exposure during manual materials handling. *Appl. Ind. Hyg. J.* 2, 3 108-113.

Gressel MG, Heitbrink WA, Jensen PA. (1993) Video exposure monitoring - A means of studying sources of occupational air contaminant exposure, Part 1 - Video exposure monitoring techniques. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 8, 334-338.

Gressel MG, Heitbrink WA., McGlothlin JD, Fischbach TJ. (1988) Advantages of real-time data acquisition for exposure assessment. *Appl. Ind. Hyg.* 3, 316-320.

Guiver R, Clark R (2002). Visualisation of occupational exposure to respirable crystalline silica dust during slate splitting activities. HSL Report FMS/02/03.

Guiver R, Plant N (2003) Occupational Exposure to Nitrous Oxide during Dental Activities. HSL Project Report No. FMS/03/07.

Hakkola, M, Saarinen L, Heinonen K, Säämänen A (2000). Customer exposure to gasoline vapours at service stations measured with the FINN-PIMEX method. 26th International Conference on Occupational Health, ICOH 2000. Singapore, 27 August - 1 Sept. 2000. Singapore, International Commission on Occupational Health (ICOH).

Heitbrink WA, Gressel MG, Cooper TC, Fischbach T, O'Brien DM, Jensen PA. (1993) Video exposure monitoring - A means of studying sources of occupational air contaminant exposure, Part 2 - Data interpretation. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 8, 339-343.

Frostling H (2002). Hygieniska gränsvärdet för styrene –en ödesfråga för plastindustrin? Rapport 2002:1, Arbetsmiljöverket, Stockholm, Sweden.

Heinonen K, Säämänen, A. (1999) WISP - Visual approach to production environment analysis. *Automation Technology Review*, p. 34-38.

Heinonen, K, Säämänen, A. (2000) FINN-PIMEX - A tool for contaminant control. Proc. of 6th Int. Symp. on Ventilation for contaminant control. June 2000, Helsinki. Finnish Inst. of Occup. Health.

HSE (1998) MDHS 51/2 Quartz in respirable dusts. Laboratory method using X-ray diffraction (Direct method). HSE Books.

HSE (2000) MDHS 14/3 General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable and inhalable dust. HSE Books.

HSE (2001) Controlling exposure to stonemasonry dust. Guidance for employers. HSG 201. HSE Books.

Kauppinen V; Paro J; Nieminen I; Enbom S; Karlund J; Saarinen K; Säämänen A; Tanttari J. (1994) Occupational Safety and Health in High Speed Machining (in Finnish: Suurnopeusjyrsinnän työturvallisuus.) Espoo, TKK,. Final Report TKK KPT; 4/94

Kovein RJ (1997) Video exposure monitoring at NIOSH: an update. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 12 638-641

Kovein RJ, Hentz PA (1992) Real-time personal monitoring in the workplace using radio telemetry. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 7 168-173.

Kulmala I, Säämänen A (2000) Development of local ventilation system for an electrolytic refining tank (in Finnish: Elektrolyysialtaan ilmanvaihdon kehittäminen) Final Report TUR C; 015. VTT Tampere, Finland.

Kulmala I; Säämänen A; Welling I; Rautio S; Liukkonen T; Mielo T. (2000) Development of local ventilation system for wood grinding (in Finnish: Hiontapaikan ilmanvaihdon kehittäminen). Tampere, VTT Automaatio,. Final Report TURB; 014

Martin P, Brand F, Servais M (1999) Correlation of the exposure to a pollutant with a task-related action or workplace: The CAPTIV system. *Ann. Occup. Hyg.* 43, 221-233

Maynard AD, Jensen PA (2001) Aerosol measurement in the workplace. In: Baron PA, Willeke K. *Aerosol Measurement Principles, techniques and applications.* Wiley-Interscience.

McGlothlin JD, Heitbrink WA, Gressel MG, Fischbach T. (1987) Dust control by ergonomic design. *Proc. IXth Int. Conf. on Production Research, Cincinnati, OH,* pp. 687-694.

McGlothlin JD, Jensen PA, Gressel MG, Heitbrink WA. (1988) Ergonomic applications and control of chemical aerosols. In: *Trends in Ergonomics/Human Factors V.* Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland).

Nurmi S, Säämänen A, Luoma T, Soininen M, Suikkanen V-P. (2003). Human, protective cloths and surgical drapes as a source of particles in an operating theatre. *World Textile Conference 3rd AUTEX Conference. Gdansk, 25 – 27 June, 2003. Book 1. Technical University of Lodz, Faculty of Engineering and Marketing of Textiles* p. 394 - 399.

Preller L, Burstyn I, De Pater N, Kromhout H (2004). Characteristics of peaks of inhalation exposure to organic solvents. *Ann. Occup. Hyg.* 48, 643-652.

Pui DYH, Swift DL (1995). Direct-Reading Instruments for Airborne Particles. In: Cohen, BS, Hering SV. *Air Sampling Instruments for evaluation of atmospheric contaminants.* 8th ed. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc. p. 337-368.

Rosén G, Andersson I-M, Juringe L (1990) Reduction of exposure to solvents and formaldehyde in surface-coating operations in the woodworking industry. *Ann. Occup. Hyg.* 3, 293-303.

Rosén G, Andersson I-M, Juringe L. (1992) Control of styrene exposure in fiberglass boatbuilding industry. *Proceedings. Risch e Bonifiche nella Costruzione di Imbarcazioni in Vetroresina. Analisi e Valutazioni.* 6-9 may 1992, Viareggio, Italy 29-34.

Rosén G, Andersson I-M. (1989) Video filming and pollution measurement as a teaching aid in reducing exposure to airborne pollutants. *Ann Occ Hyg* 33, 137-144.

Rosén G, Andersson I-M. (1990) The PIMEX-method as a research tool for modelling of exposure to airborne contaminants. Proceedings. American Hygiene Conference. 13-18 May, Orlando, Florida 108.

Rosén G, Lundström S. (1987) Concurrent Video Filming and Measuring for Visualization of Exposure. Am. Indust. Hyg. Ass. J 48, 688-692.

Rosén G. (2001) Visualization of airflow and contaminant dispersion. In Goodfellow H, Tähti E. Industrial Ventilation. Design Guidebook. Academic Press. London. p 1108-1119.

Rosén G. (2002) Seeing is believing. Ann. Occup. Hyg.. Vol. 46. No. 1. pp.3-4.

Rosén G., Lundström S. (1985) Visualisering av exponering genom samtidig videofilmning och mätning. Arbete människa miljö. 4. 251-255.

Rosén G. (2001) Toppexponering och visualisering med PIMEX. Abstract book. 48th Nordic Work Environment Meeting, September 3-5, 2001.

Rosén G. (ed.) (1999) Workplace Improvement Strategy by PIMEX. Final report to European Commission. SAFE Project no 97 202356 05F05

Ryan TJ, Burroughs GE, Taylor K, Kovein RJ (2003) Video exposure assessments demonstrate excessive laboratory formaldehyde exposures. Appl. Occup. Env. Hyg. 18 450-457

Säämänen A, Pfäffli P, Niemelä R (1993) Control of exposure peaks in glassfibre reinforced polyester work (in Finnish: Altistumishuippujen vähentäminen polyesterilujitemuovityössä). Final Report. March 1993. Finnish Institute of Occupational Health and VTT Technical Research Centre of Finland.

Säämänen A, Riipinen H, Andersson I-M, Heinonen K, Karjalainen J, Leisser H, Novak H, Pääkkönen R, Rosén G. (2000) WISP- Workplace Improvement Through Visualisation. In: Niemelä R, Railio J, Sundquist E, Tähti E. (eds.). Progress in Modern Ventilation. Ventilation 2000, 6th International Symposium on Ventilation for Contaminant Control. Helsinki, Finland, 4 – 7 June 2000. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health. Vol. 1, 159-161.

Säämänen A, Heinonen K, Vilppola K, Pääkkönen R, Riipinen H. (2002) Development of participatory process for the improvement of occupational hygiene. IOHA 5th International Scientific Conference. Bergen, Norway, 10-14 June 2002

Saarenpää J, Hyödynmaa M, Enbom S, Säämänen A. (1994) Dust from fibrous thermal insulation materials as a safety risk (in Finnish: Kuitumaisten lämmöneristeiden pölytyöturvallisuusriskinä). Espoo, VTT., 70 p. + app. 4 p. VTT Research Notes; 1601, ISBN 951-38-4716-0

Simpson AT, Hardwick KR, Walsh PT, Brown RC, Hemingway MA (2003) Evaluation of diffusive samplers and photoionisation detectors for measuring very short peak exposures in the workplace. J. Environ. Monit., 5, 732-738

Kisting S (2003) Report on a pilot course on Hazard Prevention and Control in the Work Environment: Airborne Dust. School of Public Health and Family, Medicine University, Cape Town, South Africa, 2003.

Stear M (2002) The importance of controlling short term exposures to solvents. *Noise and Health*, 4, 9-13.

Stear, M (2001) Short-term exposure to highly toxic organic chemicals. Presented at Am. Ind. Hyg. Conf. New Orleans, 2-7 June, 2001

Svensson L, Ellstrom P-E, Aberg C (2004) Integrating formal and informal learning: A strategy for workplace learning. *J. Workplace Learning*, 4,

Thorpe A, Walsh PT (2002) Performance testing of three portable, direct-reading dust monitors. *Ann. Occup. Hyg.* 46 197-207.

Unwin J, Walsh PT, Worsell N. (1993) Visualization of personal exposure to gases and dust using fast-response monitors and video filming. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 8, 348-350

Walsh P, Piney M, Clark R, Flaherty S (1999). Visualization using real-time monitoring and video techniques for understanding and controlling exposure to rubber fume. Proceedings of the Hazards in the European Rubber Industry Conference, 28-29 Sep 1999, Shawbury, UK. RAPRA Technology Ltd, Shawbury, UK.

Walsh PT, Clark RDR., Flaherty S, Gentry S J (2000). Computer-aided video exposure monitoring. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15, 48-56.

Walsh PT., Clark RDR, Flaherty S, Plant I. (2002) Monitoring exposure to solvent vapour in the workplace using a video-visualization technique. *Noise and Health*, 4, 1-7.

Walters D (2001). Health and Safety in Small Enterprises. European strategies for managing improvement. SALTSA. P.I.E.-Peter Lang S.A.. Brussels.

Wobkenberg ML, McCammon CS (1995). Direct-Reading Gas and Vapor Instruments. In: Cohen, BS & Hering SV Air Sampling Instruments for evaluation of atmospheric contaminants. 8th ed. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc. p. 439-510.

Xu F, McGlothlin JD (2003) Video exposure assessments of solvent exposures in university pharmaceutical laboratories – a pilot study. *Chemical Health & Safety*, Nov/Dec 2003, 23-28.