

# SVIB

VIBRATIONS

# NYTT

---

Medlemsblad för Skandinaviska Vibrationsföreningen

Årg 22 Nr 3/4 dec 2004



*Musikalisk underhållning på Operaterassen*



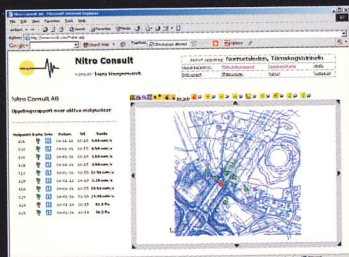
SKANDINAVISKA VIBRATIONSFÖRENINGEN

Konsten att lyckas  
med sprängning



Mätvärden direkt

Företagsinformation



**Nitro Consult AB**  
Måndag 20 Januari 2004

**Välkommen!**

Nitro Consult är ett konsultföretag inom sprängning och explosiv säkerhet. Vi erbjuder tjänster inom sprängning, explosiv säkerhet och explosiv utbildning. Vi har ett stort nätverk av experter och konsulter som hjälper våra kunder att hantera explosiva situationer.

www.ncvib.com

www.nitroconsult.se



Nitro Consult



# Duktiga människor



Ännu ett år har snart passerat när jag skriver detta. Det har varit ett händelserikt år ur föreningens synpunkt. I juni ägde Nordic Vibration Research rum, i oktober en temadag om hälsorisker med vibrationer i arbetsmiljön och i no-

vember Vibrationsdagen och en temadag om byggnadsvibrationer. Nästa aktivitet som planeras är ett symposium i Riksgränsen i april 2005. Det lutar åt 15 – 19 april och ämnet och den preliminära titeln är helt enkelt ”Mätning och analys av vibrationer”.

Detta tycker jag på ett bra sätt uppfyller föreningens ändamål. Följande tre meningar är klippta ur stadgarna: Föreningen skall verka inom vibrationsområdet för kunskapsutveckling och informationsspridning. Föreningen skall anordna seminarier och årlig Vibrationsdag. Vidare skall föreningen i medlemsblad informera sina medlemmar om bl a normarbeten, forskning och utveckling samt utbildning. Jag får också positiv respons på det vi gör. Jag tycker själv det är trevligt när det lilla gula numret av SVIB Nytt kommer.

Inför årsmötet i Stockholm 23 november hann vi inte få tillräckligt god ordning på räkenskaperna. Årsmötet beslöt att skjuta upp frågan om styrelsen ska beviljas ansvarsfrihet till ett extra årsmöte, som troligen kommer att hållas i samband med symposiet i Riksgränsen. Det som trasslar till det hela är transaktioner med SIS. Arvode för standar-

diseringsarbete har deponerats hos föreningen under ett antal år i avvaktan på att formerna för vibrationsstandardiseringsarbetet i Sverige skulle klarna. Styrelsen gick med på att betala de pengar som inte använts av föreningen för standardiseringsarbete till SIS uppdelat på två fakturor. Det är framförallt dessa fakturor och momsredovisningen som ställer till det, genom att SIS skickat fakturor och kreditfakturor till olika adressater, liksom att föreningen varit icke momspliktig och momspliktig i olika omgångar. Jag har god hjälp av Alf Olsson och vår revisor Torbjörn Kloow för att reda ut det här. Hör gärna av Dig till mig om Du vill veta mer.

Åter till våra symposier och temadagar. Nordic Vibration Research pågick i två dagar och visar på en bredd och ett djup inom vibrationsforskningen i Norden. Forskning från Lunds Tekniska Högskola, Chalmers, Kungliga Tekniska Högskolan, Blekinge Tekniska Högskola, Danmarks Tekniska Universitet, Linköpings Universitet, Aalborgs universitet, Luleå Tekniska Högskola, Uleåborgs (Oulo) universitet och Bombardier Transportation. Dessutom var två tyska inbjudna föreläsare med. Programmet finns på [www.svib.se](http://www.svib.se). Gå in på ”Begivenheter” och ”Tidigare SVIB-symposier”.

Temadagen om risker med vibrationer i arbetsmiljön hade en mycket viktig grund nämligen EU-direktivet 2002/44/EG och kommande nya föreskrifter om vibrationer. Det blir nu intressant att följa hur det går med utvärderingen av remisserna på förslaget till de svenska föreskrifterna. I Finland har man valt att utnyttja den dispensid som direkti-

## Innehåll:

Duktiga människor -  
*Martin Almgren, Ordförande, SVIB*

SIS stöttar finansiering av  
Vibrationskommittén -  
*Alf Olsson*

Measuring and analyzing vibration  
exposure  
in finnish working environments -  
*Ykä Marjanens*

The Gold Accelerometer 2004 -

Guldnålen 2004 -

Standard SS-ISO 2631-5 (2004) för  
bedömning av risk för ryggbesvär på  
grund av stötformiga vibrationer -  
*Kjell Spång*

SVIB medlem får miljöpris och utses  
till årets innovatör -

Utveckling av lågvibrerande verktyg -  
*Lars Skogsberg*

Kurser och konferenser -

Upp till 70.000.000.000 Euro skall  
investeras... -

## SVIB styrelse

### Ordförande

- 1 Martin Almgren, tekn dr  
Ingemansson Technology AB  
+4631 774 74 54

### Vice ordförande

- 5 Ole Døssing, civ ing  
Rovsing A/S  
+45 44 20 08 29

### Sekreterare

- 8 Alf Olsson, ing  
SVIB Normtjänst AB  
+4670 717 29 15, tis-tors +468 444 14 10 (SEK)

### Övriga ledamöter

- 18 Thomas Abrahamsson, prof  
Chalmers Tekniska Högskola  
+4631 772 15 06
- 19

Christian Madshus, Dr scient  
Norges Geotekniske Institutt  
+47 22 02 30 44

- 20 Ylva Vidhög, civ ing  
Forsmarks Kraftgrupp  
+46173 821 30

### Arbetsutskott

- 30 **AU 1 & 2 Vibrationsmätning och -analys samt**  
32 **fordons- och maskinvibrationer**

- Kjell Ahlin, tekn lic  
Saven EduTech AB  
+468 473 50 94
- 39

### AU 3 Trafik-, mark- och Byggnadsvibrationer

- Tomas Odebrant, civ ing  
Ingemansson Technology AB  
+468 744 57 80
- 42

### AU 4 Vibrationers inverkan på människan

Johan Granlund  
Vägverket Konsult  
+46 243 75388

### AU 5 Forskning och utbildning inom vibrationsområdet

Thomas Abrahamsson, prof  
Chalmers Tekniska Högskola  
+4631 772 15 06



forts fr sid 1

vet medger. I Sverige har man planerat för att föreskrifterna ska träda i kraft 1 juli 2005. Kostnaderna för genomförandet av föreskrifterna är beräknad till flera hundra miljoner.

Vibrationsdagen liksom temadagen hade Alf ordnat i en trivsamt och inspirerande miljö i Stockholm två vintriga dagar. "Vibrationer ger ljud och ljud ger vibrationer" var temat för Vibrationsdagen. Ole Døssings föredrag Sound of vibration var mycket spännande med talrika ljud och bildillustrationer med koppling till hur människan uppfattar ljud av olika slag. Sven Tyrlund visade att man bör bygga högtalarlådor i filtklädda perforerade skivor för att minska den efterklang av ljud man får från lådan. Wolfgang Kropp berättade att han kom in i ljud- och vibrationsvärlden genom att modellera ljudutstrålning från stråkinstrument. Nu använder han samma matematiska modellering för ljudutstrålning från däcksvibrationer. Tänk att det finns så många duktiga människor som har så många för mig intressanta saker att berätta. Det är därför jag håller på med det här. Sten Ljunggren, Torben Licht, Anders Askenfelt, Claes Fredö, Olav Skille, Urban Emborg och Finn Løvholt höll också intressanta och givande föredrag på vibrationsdagen.

Arbetsutskott 3 hade satt ihop ett program för temadagen om byggnadsvibrationer som lockade många deltagare. Många praktiska erfarenheter förmedlades inom huvudrubrikerna: vibrationer från sprängning och annan byggverksamhet, vibrationskänslig verksamhet och mät- och analysteknik. Se programmet SVIBs hemsida.

God fortsättning på 2005 önskar

Martin Almgren

Ordförande,

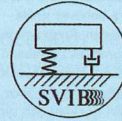
Skandinaviska Vibrationsföreningen,

e-post: martin.almgren@ingemansson.se

# SVIB

SKANDINAVISKA  
VIBRATIONSFÖRENINGEN

The Scandinavian Vibration Society



## Medlemsmatrikeln 2005 - är klar

Om Du inte har fått matrikeln v 9  
kontakta SVIB Tel:0533-68 35 90

### SVIB NORMTJÄNST AB

Box 1288, 164 29 KISTA

Alf Olsson

Postgiro

Bankgiro

+4670 71729 15

405 36 55-9

59 57-5076

### Kansli och redaktion:

Telefon

Telefax

E-post

Hemsida

SVIB

Box 1288, 164 29 KISTA

0533-683590

0533-681602

svib.ntab@swipnet.se

www.svib.se

### Ansvarig utgivare:

Alf Olsson

e-post: olsson@sekom.se

### Annonskostnad (exkl moms)

Mittuppslag

Dubbeluppslag

1 baksida + 3 helsidor

Hel insida

Halvsida

22 500:- /4 nr

20 000:- "

15 000:- "

11 250:- "

6 250:- "

### Medlemsavgift

450:- / år

## Behöver din verktygslåda förnyas?

**INSUL** är ett program för beräkning av ljudisolering hos:

- Enkeltväggar
- Dubbelväggar med många typer av stommar
- Bjälklag med eller utan nedpendlade undertak
- Tvåglasfönster

Beräkningarna är baserade på analytiska beräkningar som bara behöver enkla indata för konstruktionen. Programmet kan beräkna reduktionstalet i tersband samt det vägdga reduktionstalet,  $R_w$  och  $R_{w+C50-5000}$  samt reduktionstalet mot trafikbuller,  $R_{Atr}$ . Valfri tjocklek och typ av isoleringsmaterial i kaviteten. Öppen databas för inläggning av egna material.

Olika typer av stommar kan hanteras, t ex trästommar, stålstommar, separerade och saxade stommar samt stommar med akustikregel eller vibrationsisolering. Bjälklag med undertak med olika typer av infästningar, t ex nedpendlade punktfästningar, kan beräknas. Valfri glastyp hanteras.

**ENC** är ett program i 7 moduler uppbyggt av en mängd delprogram som behandlar:

- Nivåer och bedömningsgrunder
- Ljudeffekter och ljudutbredning utomhus
- Rumsakustik och ljudabsorption
- Ljudisolering, huvar och skärmar
- Ljuddämpare, ljud i kanaler och breakout ljud
- Vibrationsisolering och dämpning
- Omfattande semiempirisk databas för uppskattning av ljudeffekter hos källor.

**INSUL** och **ENC** är till stor hjälp för akustiker, produktutvecklare, arkitekter och konstruktörer som snabbt vill ta fram konstruktioner som uppfyller ställda ljudkrav.

**WSP Akustik** ingår i WSP Group med ca 80 akustiker i koncernen. Det gör akustikenheten inom WSP till en av Europas största aktörer i branschen. I Sverige är vi ett 40-tal medarbetare med över 40 års erfarenhet av specialisttjänster

inom områdena akustik, buller och vibrationer. Vi har välutrustade ljudlab och programvaror som täcker de flesta behov inom alla branscher.

**WSP Akustik** har kontor i Stockholm, Göteborg, Malmö, Helsingfors, Oslo, Bergen, Kristiansand, Stavanger, Tønsberg, London, Birmingham och Bristol.

Mer info på [www.wspgroup.se](http://www.wspgroup.se) eller **INSUL**:s hemsida [www.insul.co.nz](http://www.insul.co.nz) **ENC**:s hemsida [www.causalsystems.com](http://www.causalsystems.com) **INSUL** och **ENC** distribueras i Skandinavien av **WSP Akustik**, Bengt Johansson, Telefon 08-555 232 54 [bengt.johansson@wspgroup.se](mailto:bengt.johansson@wspgroup.se)

- Hör av dig för demoversion!

WSP Akustik, Lumaparksvägen 7  
Box 92093, 120 07 Stockholm.  
Telefon 08-555 232 00  
Fax 08-555 232 50



## Kontakta Saven Hitech



för råd om lämplig utrustning för  
mätning och provning av  
**ljud och vibrationer**



**SAVEN HITECH**

- ✓ ljudnivåmätare
- ✓ laddningsförstärkare
- ✓ kalibratorer
- ✓ impulshammare
- ✓ FFT-analysatorer
- ✓ mätbandspelare

- ✓ PC-baserade mätsystem
- ✓ vibratorer
- ✓ vibrationskontrollsystem
- ✓ consulting
- ✓ support
- ✓ service

**SAVEN HITECH AB**

TEL 08-505 641 00

E-MAIL [info@savenhitech.se](mailto:info@savenhitech.se)

[www.savenhitech.se](http://www.savenhitech.se)

**FINLAND**

TEL +358 9 72 55 49 60

E-MAIL [info@saven.fi](mailto:info@saven.fi)

**NORGE**

TEL +47 33 05 66 88

E-MAIL [info@saven.no](mailto:info@saven.no)



# SIS stöttar finansieringen av Vibrationskommittén

Häromdagen sammanträffade jag och Ylva Vidhög med två företrädare för Swedish Standards Institut, SIS, Pär Forsgren och Niklas Jungert. Frågan gällde avgifterna för medverkan i SIS kommittén TK 111 och undergrupperna Ag 1 Vibrationers inverkan på människan och Ag 2 Maskinvibrationer och Balansering. SIS ville höja avgiften till 6000 kronor med hänvisning till att budgeten annars skulle komma i obalans. Ylva hade i kommittén förankrat en utförlig kommentar till underlaget i vilken hon visade att budgeten väl kunde anses vara i balans förutsatt att det gick att hitta former för att hantera tidigare underskott som uppstått i samband med att SIS bytte projektledare och som nu låg kvar som skulder.

Per Forsgren föreslog att SIS i stället för att bara styrka skulderna tillsköt 60 000 kronor för att bekosta marknadsföringsinsatser av kommittén. Fler medlemmar skulle göra att det lättare att få budgeten i balans och därtill göra att det lättare och roligare att delta. Med löfte om bibehållna avgifter kunde vi således enas om förslaget till budget för 2005.

Innan vi skildes hade vi också hunnit tala en del om vilka marknadsföringsinsatser som behövdes och på vilket sätt dessa kunde bidra till bättre finanser.

Ylva föreslog att SIS tog fram en CD med alla Vibrationsstandarder. Den kunde säljas genom SVIB för ett anständigt pris men ändå högt nog för att bidra till kommittéarbetets finansiering. Jag åtog mig att informera SVIBs medlemmar.

Vad är det som har hänt med Vibrationskommittén. I april höll ISO TC 108 SC 2 möten i Egypten. Det var ett drygt 40-tal deltagare som tillsammans med sina medföljande fa-

miljer blev ett drygt 60-tal personer. Mötena hölls på Sheppards Hotel mitt i Cairo och utmed Nilen. Utöver mötena arrangerades dagliga utflykter för dom som var lediga och intresserade till Pyramiderna, Citadellet, Egyptiska Museet och marknaden.

Hur många är det som vet att den svenska standarden för vibrationsmätning i samband med sprängning SS 4604866 har en koppling till ISO? Underlaget utgörs av ISO 4866 vilken håller på att revideras. Arbetet med de vibrationsstandarder som alla behöver för att mäta på byggnader, maskiner, fordon och fartyg eller för att bestämma vibrationsnivåer fick i år en pyramidisk inramning.

Anders Nöremark, Kjell Ahlin och underteknad deltog i mötet. När vi träffas i Stockholm för att förbereda mötena brukar Elisabeth Blom och Lisa West också delta. Nästa gång hålls mötena i Ontario, Canada.

Är det inte dags att reaktivera Byggvibrationsgruppen.

Avståndsfaktorn börjar ligga risigt till. Häromdagen ringde en utredare ifrån Borås. Han sa sig inte vara expert men han var väl påläst. Han hade en mängd frågor om sprängstandarderna och dess tillämpning. Hans huvudfråga var dock - varför förekommer det att hus skadas som ligger längre bort än 350 m från sprängplatsen. Finns det inget annat sätt att mäta och bestämma gränserna för tillåten vibrationsnivå i samband med sprängning. Jag talade om att SVIB AU 3 hade en "frekvensgrupp" som höll på med ett vägningfilter och att man i ISO hade föreslagit andra metoder. Jag hänvisade till Tomas Odebrant men det finns ingen byggvibrationsgrupp inom SIS som kan ta tag i frågan.

Varför då inte ta upp frågan i den norska kommittén. NGI och Noriges Byggstandardiseringsråd har både personal och resurser att ta itu med uppgiften. SIS kommer inte att lägga några hinder i vägen. Det har jag försäkrat mig om. Tvärt om SIS VD välkomnar förslag som syftar till att fördela standardiseringsarbetet mellan de nordiska länderna.

En annan ickefråga i Sverige är instrument standardiseringen. Det enda undantaget är Jörgen Svensson. Varför har det blivit Jörgens och Ingemanssons sak att bevaka och delta i ISO arbetet med instrument och kalibreringsmetoder. Det kostar dem pengar som är svåra att motivera. SIS avgiften är inte den största kostnaden. Arbetstiden och resorna kostar långt mer. Jag tycker att danskarna som redan har fingrarna djupt nere i instrumentburken borde få uppdraget att leda det nordiska arbetet i ISO och ge ut gemen-

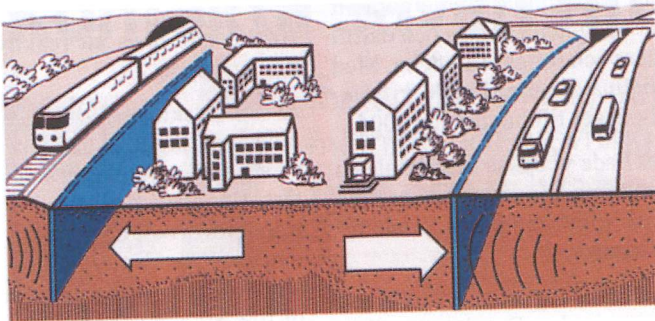
samma nordiska standarder. Jag är säker på att intresset för att delta och behovet att bevakna utvecklingen skulle öka bara genom att flytta ansvaret till andra sidan sundet.

Illka Kyttälä har vid flera tillfällen visat att han engagerat sig i arbetet med EU direktivet för vibrationer på arbetsplatser och Pentti Ervo har meddelat att han är beredd att ta tag i arrangemanget av Vibrationsdagen 2005 om styrelsen beslutar att den skall förläggas till Helsingfors. Om det räcker till ett bygga upp ett gemensamt Nordiskt engagemang på helkropps- och hand-arm vibrationsområdet vet jag inte med det skulle i alla fall röra om i grytan.

Det finns alltså goda skäl till att hålla koll på läget och varför inte rent av delta.

*Alf Olsson*

### AVSKÄRMNING AV MARKVIBRATIONER MEDELS GASFYLDA KUDDAR



Ferievägen 25 - 168 41 BROMMA

Tel. +46 (0)8 87 1990

#### Rådgivning vid:

- utredning av vibrationsfrågor
- dimensionering av isoleringsåtgärder
- projektering

[www.vibisol.com](http://www.vibisol.com)



# ansvars besiktning ab

... har allt sedan etableringen 1972 varit verksam i konsultbranschen, huvudsakligen inom områdena som rör miljöstörningar.

... skall vara den självklara samarbetspartnern genom att utföra sina åtaganden i rätt tid till rätt kvalitet med ett högt miljötänkande och ekonomiskt motsvara kundens förväntningar. Detta åstadkommer vi genom ständig utveckling av spetskompetens inom våra teknikområden och stödssystem.

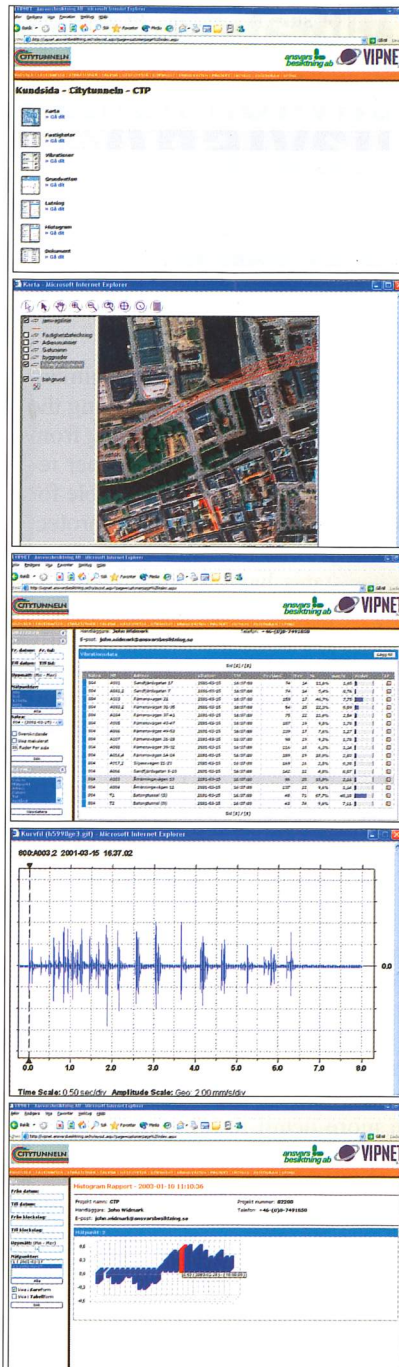
... är idag etablerade i Göteborg, Uddevalla, Malmö/Lund med huvudkontor i Stockholm.

... tillhandahåller kvalificerade tjänster inom:

- Riskanalys
- Besiktning
- Mätning
- Rådgivning
- 3:e manshantering – Juridik och skadehantering
- IT/IS databassystemet VIPNET™

Vipnet™ är ett Internetbaserat databassystem som hjälper till att hålla ordning och reda på miljöstörningar som buller, vibrationer, grundvatten, lutningar/sättningar, trafik, m.m.

Vipnet™ och våra andra tjänster används idag på Citytunnelprojektet, Nordlänken, E4:an Uppsala – Mehedeby m



## Ansvarsbesiktning AB

Besöksadress: Bisittargatan 24, Box 4105, 129 04 HÄGERSTEN  
Tel. 08-749 18 50 | Fax 08-647 11 37

Adress: Herkulesgatan 3 A, 417 01 GÖTEBORG  
Tel. 031-510 900 | Fax 031-510 985

E-post: [info@ansvarsbesiktning.se](mailto:info@ansvarsbesiktning.se) | [www.ansvarsbesiktning.se](http://www.ansvarsbesiktning.se)



# Measuring and analyzing vibration exposure in Finnish working environments

Ykä Marjanen

E-post: yka.marjanen@vtt.fi

**Abstract:** The limit values given by the European Union Physical Agents Directive (vibration) causes some concerns, especially within manufacturers of mobile machinery and employers who are using such machinery. Exceeding the whole body vibration limit values seems to be very likely. Because the assessment of the vibration levels has to be made in a real working environment, it is very difficult to conclude whether the levels are appropriate without actually measuring them. The measured values from different work phases should be time weighted and summed together to represent a daily 8-hour exposure value. To calculate the daily 8-hour value is not a simple task, because there are normally several different work phases that the worker does in a normal day. In this study different mobile work machines were measured in their natural working environments to conclude whether the limit values set by the Directive are in fact too tight for Finnish conditions. For an employer the greatest concern is to comply with the daily exposure limit value. This study showed that the action value was exceeded in many individual work phases. This was the case in most of the working environments and machines. Also the exposure limit value was exceeded in many cases. The practical measures the employer has to take after exceeding the action value are not yet published in Finnish legislation. They will determine how hard the directive will affect the Finnish employers.

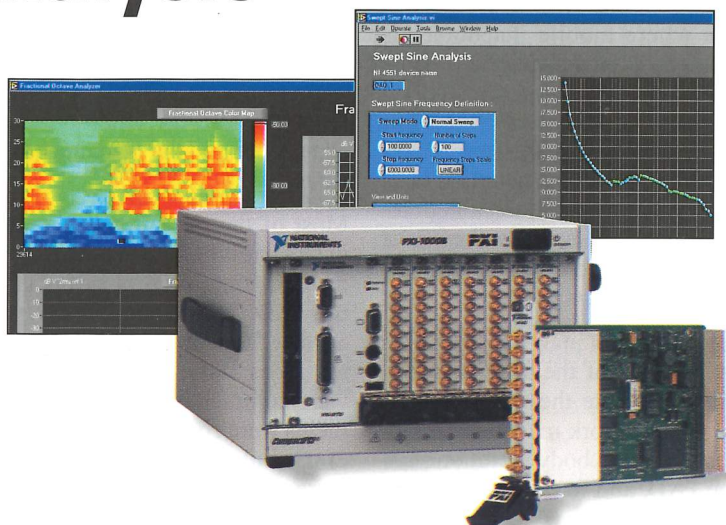
## INTRODUCTION

The Directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration), in this paper referred as PAD, requires those responsible for workplaces to introduce measures to protect workers from the risks arising from vibration. Member states have to implement the PAD by July 2005. Two limit values are used: 1) daily exposure limit value and 2) daily action value. The daily exposure limit value ( $1,15 \text{ m/s}^2$ ) can never be exceeded in the standard 8-hour working day. The daily action value ( $0,5 \text{ m/s}^2$ ) sets a limit to when the employer has to start a mandatory program to reduce the vibration levels. The PAD lists basic measures that the employer should take when the vibration levels are too high.

The PAD bases the calculations of the vibration values and whole body vibration measurements on the ISO 2631-1 (1997) standard. Another major standard is the British BS 6841 (1987), which emphasizes the use of VDV method instead of the RMS. The difference between the two standards are described in more detail in other publications (Griffin 1998, Paddan and Griffin 2001).

The PAD or the standards do not give any standardized terrain or test area to conduct the measurements. The spirit of the PAD is to evaluate vibration levels in real work environments. Although the PAD gives rules

# Sound and Vibrations Analysis



## With LabVIEW™ and PXI

Perform FFT, octave, THD, SINAD, level analysis, and more with LabVIEW and the new NI 4472 dynamic signal acquisition module. The NI 4472 features:

- 120 dB dynamic range (24 bit)
- Eight analog inputs
- 45 kHz bandwidth
- Multiple module expansion and synchronization

[ni.com/  
soundandvibration](http://ni.com/soundandvibration)

Get more information  
at [www.ni.com/  
soundandvibration](http://www.ni.com/soundandvibration)



**Sweden: +46 8 587 895 00**  
[ni.sweden@ni.com](mailto:ni.sweden@ni.com)

**Norway: +47 66 90 76 60**  
[ni.norway@ni.com](mailto:ni.norway@ni.com)

© 2004 National Instruments Corporation. All rights reserved. Product and company names listed are trademarks or trade names of their respective companies.



and instructions to employer in member states, it is up to every member to apply these rules to their national guidelines.

Most industry areas do not need to be concerned about vibration or the PAD. The limit values will be a problem most likely in the situations where mobile machinery is used in rough surfaces or at high speeds (Hostens and Ramon 2003, Paddan and Griffin 2001). There are also other areas where the vibration levels will be a problem (e.g. sea and air transport). Forestry and agricultural machines in general produce such a high levels of vibration and shocks, that they have a longer transitional period than other industries.

The measurements and analysis conducted in this paper are part of the TÄRY-project, which aimed to evaluate the current vibration levels of mobile work machines in Finland, based on the whole body vibration standards and the PAD, and to improve the current working conditions by trying to help the companies in reducing vibrations. The project was funded by the Finnish Work Environment Fund, VTT and participating Finnish companies.

For an European Union member state it is very important to know how the PAD will affect its industry. There is a lot of information on which industry areas are most likely to have problems with the PAD, but the equipment used and the working conditions vary from country to country so much, that local information should be acquired.

## MEASUREMENTS

16 different (overall 25) mobile machines were measured and analysed. More than 30 hours of vibration data using three tri-axial accelerometers was collected, which constitutes about 1,8 gigabytes of data. On average

each work phase was measured for 30 minutes to ensure statistical reliability and in total over 50 different work phases were measured. Driving on road surfaces were measured using different speeds. Other work phases were measured using the speeds that the work would be normally done.

At the same time that the vibration from the seat was measured using the seat pad accelerometer also the vibration levels from the cabin floor and the machine body were measured.

Most of the measurements were conducted in real working environments using real work machine operators as it was in the spirit of the PAD. These machines were used ones. Some of the measurements were done in the test areas of the companies. These machines were completely new. Most of the measurements were conducted in the summer and fall 2003, but also some winter measurements were done in the early 2004.

*Table 1. Work machines used in the measurements*

| <b>Work machine type</b> | <b>Volume</b> |
|--------------------------|---------------|
| Loaders                  | 6             |
| Forest machines          | 4             |
| Lift trucks              | 3             |
| Trucks                   | 2             |
| Tractors                 | 2             |
| Multi-function           |               |
| municipal work machines  | 2             |
| Special purpose vehicles | 2             |
| Terminal tractors        | 1             |
| Container handlers       | 1             |
| Road graders             | 2             |

The machines represented wide variety of different mobile work machines used in Finland, mainly heavy ones. Such areas as forestry, agriculture, municipal engineering, road maintenance and construction, stevedoring, defence and mining industry were represented. Table 1 shows the list of machines in more detail.

## CALCULATIONS

The analyses are based on ISO 2631-1 (1997) standard, which gives the equation to calculate the RMS-value:

$$a_w(T) = \left( \frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

, where  $a_w(t)$  = frequency weighted acceleration ( $m/s^2$ )

$T$  = time (s)

With this equation one can calculate, from the measured acceleration data, the RMS-value. (Note: acceleration data needs to be first frequency weighted, which is also described in ISO 2631-1.)

If the RMS-value exceeds or goes under the eight-hour reference of working day, the standard gives two equations to calculate the equivalent length of the working day:

$$a_{w1} T_1^{1/2} = a_{w2} T_2^{1/2} \quad (2)$$

and

$$a_{w1} T_1^{1/4} = a_{w2} T_2^{1/4} \quad (3)$$

where  $a_{w1} = a_{w2}$  = weighted RMS-values ( $m/s^2$ )

$T_1 = T_2$  = corresponding durations of the exposures

Equations 2 and 3 are used as guidelines to assess the vibration compared to length of

the working day (figure 1). They can be used either to calculate the limit value on different length of exposure (other than 8-hour) or the length of exposure to reach the limit value. The ISO 2631-1 (1997) implies that equation 2 is to be used mainly, but also refers to the equation 3. This leaves some choice of freedom for the analysis.

In many cases the working day consists of different phases (e.g. loading, driving and unloading). Also the breaks such as lunch are instructed to include in the daily RMS-value (normally  $0 m/s^2$  is used). This means that the measured and calculated RMS-values of different phases must be added together to form a single daily value. This equation can be obtained from EN 14253 standard or from ISO 2631-1 (1997) annex B (B.3)

$$a_{8hw} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{j=1}^N a_{wj}^2 t_j} \quad (4)$$

, where  $t_j$  = time (h) of work phase j

$a_{wj}$  = RMS-value of work phase j

$T$  = daily work time (h)

## RESULTS

From the early on it was very clear that the action value will be exceeded in most of the cases. The way that these work machines are normally used produce especially low frequency vibrations very easily. Also all the three measured directions seemed to give dominant values depending on the work phase.

The roughness of the terrain had a large part of producing the vibrations. This was noticeable especially with the work machines that did not have any low frequency damping between the machine body and the cabin. In these cases the seat was the primary damper.

## Data Acquisition Systems

... the ultimate modular, scalable and configurable system. Any component can be combined to find individual solutions that fit specific applications and, at the same time, ensure the reliability and price advantages provided by serial products. The spectrum ranges from stand-alone measurement devices through complex, PC-controlled measurement systems with several thousand measurement channels.

One platform for many applications:

- Research and Development
- Test Rigs
- Calibration
- Manufacturing
- Weighing
- Experimental Stress Analysis
- Mobile Data Acquisition



[www.hbm.com](http://www.hbm.com)

**MGCplus ...**

## METROLINK

Metrolink Scandinavia AB • Reprovägen 6,183 77 TÄBY  
Tel 08 756 23 33 • Fax 08 756 23 47  
Email [info@metrolink.se](mailto:info@metrolink.se) • [www.metrolink.se](http://www.metrolink.se)



measurement with confidence

## Industri Accelerometer Prisvärda Livstids garanti



## Rondsystem Totalnivå Lagerkondition

**Komplett**



**Allt inom maskinvibrationer! Utbildning • Övervakning med FFT •  
Balansering • Vibrometrar • Konsult • Uppriktning • Felsökning  
och Tillståndskontroll.**



**Vibrationsteknik AB • Taborsbergsvägen 20, 602 13 Norrköping**  
Tel. 011-16 62 10 • Fax 011-16 62 20 • URL [www.vtab.se](http://www.vtab.se) • Email [sales@vtab.se](mailto:sales@vtab.se)



Driving on uneven terrain produced very high amplitude low frequencies, which were hard to dampen with the seat alone. This led to an amplification of the vibration levels from the cabin floor in some frequency areas. Also the calculated RMS-values were in many cases larger from the seat than from the cabin floor. In general, the increase of the speed also increased the vibration levels as can be seen from a figure 1, although in some cases the levels actually decreased due to the resonance frequency shift.

The lowest vibration levels were measured in standing still, at very low speeds or at very even surfaces. Some work machines, such as a back hoe excavator, are standing while working. In these cases only the vibration from the actual loading or digging will affect the operator. In this study these kinds of work phases had very low frequency levels. Also a work phase such as grading a road produced levels under the action value.

The measured RMS-values from the work phases ranged from 0,1 to 3,4  $\text{m/s}^2$  in all three directions. Due to the fact that many completely different kinds of work phases were measured, the range of the values was large. Statistically most of the measured values were between the action value and the exposure limit value. Also high number of values were very close to the action value (e.g. 0,4-0,5

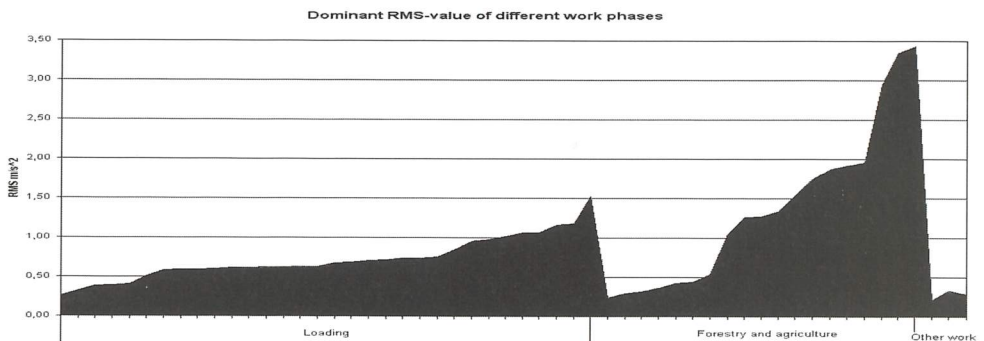
$\text{m/s}^2$ ), which indicates that the possibility to exceed the action value is very likely.

The dominant direction varied depending on the measured work phase. The vertical direction was normally dominant when driving fast on a road surface, but if the road was rough enough or had a lot of tight corners the lateral direction became easily dominant. Also in very rough terrains and for example in loading with wheel loader the lateral or the fore and aft direction was dominant. This was due to a fact that ISO 2631-1 (1997) uses multiplication to enhance the effect of the horizontal directions. The fore and aft direction was normally dominant when a heavy front or back tool, such as trailer, was used in combination with the work machine.

Figure 1 shows groups of measured work phase categories. Because the loading was a very common work phase, it has been separated. It included loading gravel or rocks to a truck or to an other location with many different work machines. Forestry and agriculture included such work phases as cultivation, harvesting, moving trees in a forest, etc. Other work included road grading, winter ploughing and brushing asphalt.

Figure 1. The RMS-values of the dominant direction on different categories.

The smallest RMS-values in loading were



produced when the work machine was using a back-hoe while standing still and using a support. If the front bucket was used for loading, the RMS-values climbed over the action limit and in some cases even over the exposure limit. The highest values were produced when scooping very big and heavy rocks. The dominant direction in loading was normally fore and aft, because the work phase included very rapid accelerations and stops to fill the bucket, but the lateral direction gave very similar values and was dominant in some cases.

The lowest values in the forestry and agriculture category were produced also by work phases that were done standing still. But if the work phase required some movement the RMS-values increased rapidly, because the terrain was normally very rough. In most of the cases the lateral direction was dominant, because of the uneven terrain. Some of the highest values were produced by cultivation and moving in the forest.

Other work included work phases that were done in slow speeds or at even surfaces. All of them had nominal RMS-values and will not probably cause any problems in the future with the PAD limit values.

Figure 2 shows the range of RMS-values measured from driving on different surfaces at different speeds. The gravel surface ranged from very smooth to a relatively rough, but was still considered as a road. The asphalt surface was a normal Finnish highway or a smaller road, which was in good condition. Also other types of surfaces were used in the measurements, but they did not have enough similarities to be categorised.

The gravel surface produced wide variety of different RMS-values. Practically all of the values were over the action limit and a majority also over the exposure limit. Although the highest values were produced by specific machines, because of the way they were used, moving at high speeds in a gravel surface produced relatively high values with all the machines.

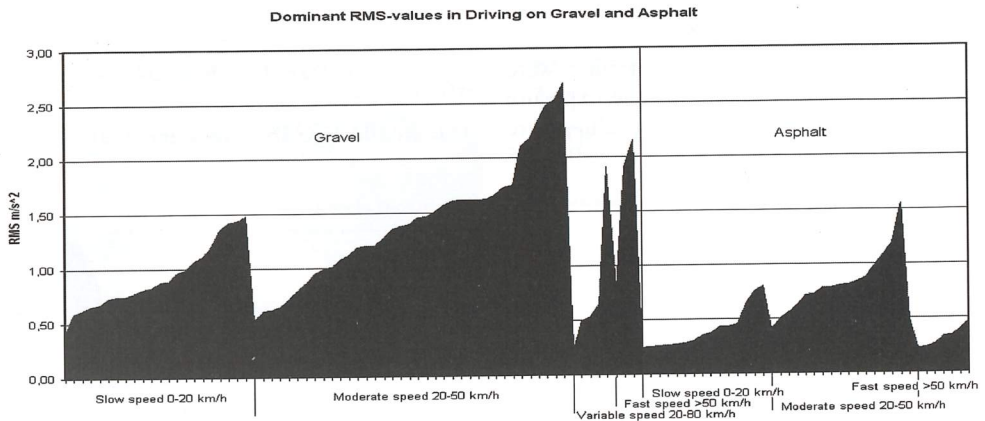


Figure 2. The RMS-values of the dominant direction in driving on gravel and asphalt.

# Allt inom Givare från Dytran för Acceleration, Tryck & Kraft



## Kraftgivare

- Område: 0 - 11 kN
- Känslighet:  
0.1– 110 mV/N

## Impulshammare

## Tillbehör

- Kablar, adaptrar

## Accelerometrar

- Industrigivare
- Lab-givare
- Miniatur
- Tri-axiella
- Hög Temperatur
- Shock
- Airborne

## Tryckgivare

- Område: 0 - 1000 bar
- Känslighet:  
0.05 - 140 mV/bar  
0.05 pC/bar

## Signalkonditionering

- Power Supplies
- Laddningsförstärkare



## Acoutronic AB

Box 1180  
SE-181 23 LIDINGÖ

Stockholm: Tel: 08-765 02 80

acoutronic@acoutronic.se  
<http://www.acoutronic.se>

Göteborg: Tel: 031-744 34 50



Although used asphalt roads were very smooth, some bumps and smaller defects produced occasionally very high values. The change of the speed normally improved the situation. Some of the high values were produced, because the machine was used with speeds that it was not meant for (e.g. maximum possible speed). In these machines the tires were normally very small and there was not any low frequency damping between the body and the cabin.

## CONCLUSIONS

Both, the manufacturers and employers, were represented in the TÄRY-project. Although the PAD legally concerns only the employer, it is clear that the manufacturer will feel the pressure to produce new less vibrating products that will allow the employers to comply with the PAD.

The results showed that mobile work machines are very susceptible to exceed the action value in Finnish working environments. Even on smooth road surfaces the RMS-values went as high as  $0,8 \text{ m/s}^2$ . This is possible because these machines are designed mostly for other operations than driving at maximum speeds and the tires are normally very big and heavily patterned.

The actual work phases produced low and on other hand high values (depending if the machine moved while working or not). For an employer it is very crucial to estimate in what kind of work phases the machines will be used, because it will affect the averaged 8-hour value. The time weighted work phase values of the day are summed to form the 8-hour value. Depending on the ratio between the work phase values the 8-hour value can vary a lot.

Practically all mobile work machines have some kind of damping system for vertical direction, but for the horizontal directions damping is very rare. Some seats have some simple damping for horizontal directions, but they do not work effectively on high amplitude low frequencies. In this study most of the dominant RMS-values were on horizontal directions and the seats that had damping for these directions did not work well. This will set new challenges for manufacturers as the lateral space in the cabins is limited and the low frequency damping requires room to work. Also the pendulum motion alone will by default increase the vibration levels compared to the cabin floor as the seat is higher than the floor.

A lot of different mobile work machines are used in Finland. This study showed that the measured RMS-values will easily exceed the action limit and in some cases even exceed the exposure limit. This will restrict the Finnish employers from using the machines as freely as today. Although some industry areas have to be more alert and more active than others, the study showed that even the smaller machines can have problems to comply with the PAD. It will depend a lot on how the Finnish authorities will formulate the PAD into the national laws and instructions what economical effects the directive will have. Most of the work machines acquired today will still be operational in the year 2014, which is the maximal transitional period allowed. This should concern the employers since from July 2007 the PAD will make no difference between the usage of new and old machines. Also the manufacturer should think how the old machine could be converted to comply better with the PAD limit values. For this reason it is very important that the PAD, its requirements and corresponding national regulations are informed to the employers of member states as soon as possible. 

# Vi kan vibrationsprovning...

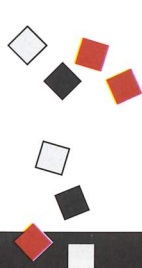


Nu levererar vi vibratorer från välkända Gearing & Watson. De har fokus på driftsäkerhet, storlekar från 9 N till 53 kN, alla luftkylda.

Våra PC baserade styrsystem kommer från m+p international, är i absolut världsklass med många system installerade i Skandinavien.

Vi integrerar vibratorer med glidbord, headexpanders, fixturer, accelerometrar och våra klimatkammare från Thermotron Industries till innovativa, nyckelfärdiga lösningar.

Med mer än 20 års erfarenhet och egen serviceavdelning vill vi vara din självklara partner inom miljötest.



**Elektronik**  
Välkommen till vår monter  
**A32:20**

**PROXITRON**  
Mät & Test

Motala 0141-580 00  
Stockholm 08-10 15 80  
[www.proxitron.se](http://www.proxitron.se)



# The Gold accelerometer 2004

The Gold accelerometer 2004 of the Scandinavian Vibration Society is awarded to Mr Torben Licht from Brüel & Kjær Sound and Vibration in Nærum, Denmark and is donated by Brüel & Kjær and will be presented by Lasse Sandklef from Brüel & Kjær Sverige.



*The Gold accelerometer 2004*

Torben Licht has in lifetime set a good example in the specification, development and test of sensors, especially accelerometers. He has for more than 25 years been an active member of various standardization committees for sensors. Apart from that he has been a member of the Scandinavian Vibrations Society for many years and been active in presenting tutorial information on accelerometers and vibration measurements.

He is the chairman of ISO TC 108 SC 3 Use and calibration of vibration and shock measuring instruments. He is also the chairman of IEEE 1451.4 working group. Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Mixed-Mode Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats. He is the author and co-author of many conference papers and handbooks from Brüel & Kjær, for instance the Piezoelectric Accelerometer and Vibration Preamplifier Handbook.

Torben, I hope that the award from the Scandinavian Vibration Society will encourage you to continue your participation in tutorial handbooks, conferences and standardization committees.

*Martin Almgren*



*Lasse Sandklef, Torben Licht and Martin Almgren*



# Guldnålen 2004

Skandinaviska vibrationsföreningens förtjänsttecken i guld 2004 tilldelas Henry Sandström.

Henry Sandström har med sitt personliga engagemang och insatser varit till stor nytta för föreningen och medlemmarna. Henry har varit verksam inom berg- och sprängteknik under ett arbetsliv som spänner över 60 år.

1972 tog Henry initiativet till arbetet med att ta fram svenska standarder för kontroll genom vibrationsmätning vid sprängning och syn före och efter sprängningen. Henry var också aktiv vid bildandet av Svenska Vibrationsföreningen som sedermera blev Skandinaviska Vibrationsföreningen. Han har länge deltagit i AU3. Han har också hållit flera föredrag om vibrationer och standarder för sprängning.



*Henry Sandström mottar "guldnålen 2004"*

Tack Henry för att Du fortsätter att bevaka tillämpningen av standarderna som Du varit med att ta fram!

*Martin Almgren*



*Koncentrerade deltagare vid möte på Operaterassen*

# Standard SS-ISO 2631-5 (2004) för bedömning av risk för ryggbesvär på grund av stötformiga vibrationer

Kjell Spång

KS miltek

Strandskärsvägen 9

SE-426 58 Västra Frölunda, Sverige

E-post: kjell.spang@swipnet.se

## Sammandrag:

I EU-direktiv och standarder påpekas att deklarerade vibrationsvärden och gränsvärden underskattar hälsorisker med stötformiga vibrationer. Behovet av ett mått som fullt ut tar hänsyn till dessa risker har varit stort. ISO 2631-5 har utvecklats för att fylla behovet. Metoden i ISO 2631-5 bygger på experimentella underlag och är kopplad till erfarenheter från hållfasthetsläran. Den är tillämpbar för värdering av risk för av vibrationer försakade skador i ländryggen.

**Nyckelord:** Helkroppsvibration, Riskbedömning, Vibrationsstandard

## Stötformiga vibrationer i direktiv och standarder

EU-direktiv 98/37/EC (Maskindirektivet) [1] föreskriver att maskiner skall vara så konstruerade att risker från vibration reduceras till lägsta möjliga nivåer. Detta är det grundläggande kravet. Störst hälsorisk kommer från stötformiga vibrationer. Reducering av dessa är således ett krav vid konstruktion av maskiner, val av säten etc. Kvarvarande risk skall deklarerars. Kravet på deklaration av vibrationsnivå begränsas till deklaration av effektivmedelvärden. Eftersom effektivmedelvärden underskattar risken från exponering mot stötformiga vibrationer deklarerars den kvarvarande hälsorisken inte fullt ut. Tvärtom kan deklarationskravets utformning leda till suboptimering av konstruktioner ur hälsoriskenpunkt.

Ännu allvarligare är att EU-direktiv 2002/44/EC "Physical Agents-direktivet" [2], som ställer krav på arbetsgivare att minimera risk för förare av fordon att skadas på grund av vibrationer, inte har med något mått på stötformiga vibrationer bland sina gränsvärden. Exponeringsgränserna (action value, limit value) anges i rms; ett land kan även välja att ange gränserna i VDV. I Artikel 4, punkt 4 (a) anges dock att arbetsgivaren i sin riskanalys skall speciellt uppmärksamma exponering för intermittent vibration och upprepade stötar. Hur dessa skall värderas framgår ej.

Mätstandarden EN 1032 [3], som utvecklats för bestämning av vibrationsemission med anknytning till Maskindirektivet, anger i introduktionen: I en del fall (t.ex. där vibra-



# Din komplette kalibreringsleverantör

## Låg frekvens

Vår lågfrekvensvibrator har en slaglängd på upp till 15 cm.

## Hög acceleration

Vi kan kalibrera accelerometrar upp till 50 000 m/s<sup>2</sup>.

## Hög precision

Med vår laserinterferometer kalibrerar vi referens-accelerometrar.

## Impedansgivare

En impedansgivare är en kombinerad accelerometer och kraftgivare.

## Komplett verifiering

Förutom givare kalibrerar vi även kompletta vibrationsmätinstrument. Vi kontrollerar då filter, tidsvägning, känslighetsomkopplare, mm.

## Fullservice

SP kan kalibrera de flesta slags instrument, t ex inom områdena ljud och ljus, elektricitet, klimat, mått och vikt, mm.



## Varför kalibrera hos SP?

SP är Sveriges centrum för mätteknik. Här finns landets bästa mättekniska resurser och största sakkunskap inom området. Vi har lång erfarenhet av att inventera mätidon, kravnivåer och mätbehov för bl a industrin. Vi genomför kalibrering för hela företaget.

Som riksmätplats upprätthåller SP referensnormalerna för samtliga centrala mätstorheter. Vi har följaktligen hela den spårbarhetskedja som moderna kvalitetssystem fordrar vid kalibrering av mätidon. Forskning och utveckling bedrivs kontinuerligt för att ytterligare förbättra noggrannheten.



tionsemissionen i sätet innehåller stötar) kan inte rms-värdet på ett adekvat sätt indikera hälsorisk. Provningsregler (test codes) bör innehålla vägledning för hur man varnar för risker i dessa fall (residual risks). Standarden innehåller inga metoder för deklaration av stöt.

Motsvarande standard för mätning av vibrationsimmission med anknytning till Physical agents direktivet är EN 14253 [4]. I dess scope anges att standarden begränsas till värdering av exponering för helkroppsvibration med hjälp av beräkningar baserade på rms-värden. Där vibrationerna innehåller stötar kan metoderna enligt standarden underskatta exponeringens stränghet.

I syfte att bistå vid tolkningen av maskindirektivets krav på maskinkonstruktion och Physical agent direktivets krav på åtgärder på arbetsplatser har förslag till vägledningsdokument tagits fram inom CEN. Dessa kommer att publiceras som CEN Reports. I rapporten med anknytning till Physical agents direktivet tas problemet med värdering av hälsoriskerna från exponering för stötformiga vibrationer upp. Där sägs att integrerade värden (exempelvis rms) kraftigt underskattar hälsorisken om den dagliga vibrationsexponeringen innehåller stötar. De mer sofistikerade metoder som beskrivs i ISO 2631-5 [5] krävs för att genomföra en adekvat värdering av risk i dessa fall.

Bakgrunden till att direktiv och standarder för tolkning av dessa inte konkretiserar kraven på analys av effekter av stöt är att man inte ansett sig ha tillgång till någon bra metod för detta. Man har blivit alltmer medveten om att de metoder som angetts i ISO 2631-1 [6] är otillräckliga för en sådan värdering. Som ovan beskrivits varnar direktiv och standarder för att integrerande metoder (rms, men även VDV) underskattar riskerna med stötformiga vibrationer. Man har således varit väl medveten om problemet som

blivit alltmer akut efterhand som kraven på att skydda arbetstagare mot hälsorisker från vibrationer aktualiserats i EU-direktiven. Utveckling av en metod som kan användas för värdering av hälsorisk från stötformiga vibrationer har varit en första rangens angelägenhet. Min åsikt är att vi med ISO 2631-5 fått ett verktyg som är långt bättre än något av de på obehagsupplevelse baserade mått vi hittills varit hänvisade till (VDV, MTVV) när det gäller att värdera riskerna från den typ av vibrationer vi upplever som de som leder till de största vibrationsriskerna i arbetsmiljön.

## Vibrationsmått enligt ISO 2631-1

Det grundläggande mått på vibrationsstränghet som läggs till grund för värdering av hälsorisk enligt ISO 2631-1 är ett frekvensvägt rms-värde  $a_w$ . Frekvensvägningen baseras på variationen i människans känslighet med vibrationens frekvensinnehåll (väsentligen en starkt förenklad överföringsfunktion mellan accelerationer i sätet och olika känsliga delar av kroppen).

Annex B i ISO 2631-1 innehåller metoder att värdera hälsorisk, baserat på rms, dvs på antagandet att risken är relaterad till vibrationsenergin. En "health guidance caution zone" indikeras. För 8 timmars daglig exponering med genomsnittliga rms-värdet  $a_w$  gäller enligt denna, baserat på ett energibaserat tidsberoende:

$a_w < 0,45 \text{ m/s}^2$  : inga hälsorisker är dokumenterade

$a_w > 0,8 \text{ m/s}^2$  : hälsorisk är sannolik

ISO 2631-1 uppmärksammar att rms-värdet underskattar riskerna om vibrationerna inne-

håller betydande stötar. För hantering av dessa anvisas två alternativ – Maximum Transient Vibration Value (MTVV) och Vibration Dose Value (VDV). MTVV är relaterad till den högsta vibrationsnivån under observationstiden. VDV är något känsligare än rms för stötar, en känslighet som dock blir marginell för de mest utpräglade stötar-na. För båda måtten saknas kriterier för skaderisk. Det finns ett sådant för något man kallar estimated vibration dose value (eVDV) som definieras

$$eVDV = 1,4a_w T^{1/4} \quad (1)$$

Men detta är ju ett rms-baserat mått, som inte är känsligare för stötar än rms-dosen (som man lyckats blanda ihop VDV med i uppställningen av gränsvärden i Physical Agents direktivet).

## Varför fungerar inte vibrationsmåttan i ISO 2631-1 för vibration som innehåller betydande stötar?

Metoderna för riskvärdering enligt ISO 2631-1 bygger på epidemiologiska studier och experimentella studier av obehagsupplevelse av vibrationer och stötar. Epidemiologiska studier ger inte möjlighet till att ställa upp risk-kriterier med någorlunda precisa kvantitati-va mått. Experimentella metoder är nödvän-diga, fr.a. för att ställa upp kvantitativa grän-ser för vibrationer som innehåller stötar. Det har dock visat sig att experiment som byg-ger på upplevelse av obehag har begränsat värde för att värdera olika stötmått's kopp-ling till skaderisk.

För att komma fram till hur skaderisker är relaterade till olika stötmått har man på se-nare tid på flera håll genomfört studier av

hur skadorna uppkommer samt vilka meka-nismer som är av störst betydelse.

Uppkomsten av utmattningsrelaterade ska-dor efter upprepade långvarig belastning långt under den gräns vid vilken enstaka belast-ningar ger upphov till akut skada har länge varit känt inom medicinen. Sandover (1981) [7] utvecklade hypotesen att utmattningsska-dor i vertebrala ändplattor är den domine-rande orsaken till av helkroppsvibrationer initierade sjukdomar i ryggraden. Det är den ackumulerade effekten av lastväxlingar och toppvärdesnivåer hos tryckklaster i kotpela-ren som bestämmer skaderisken. Integrera-de värden av hela tidsförloppet (rms, VDV) kan inte relateras till skaderisken om vibra-tionen innehåller betydande stötar.

## Metodiken i ISO 2631-5

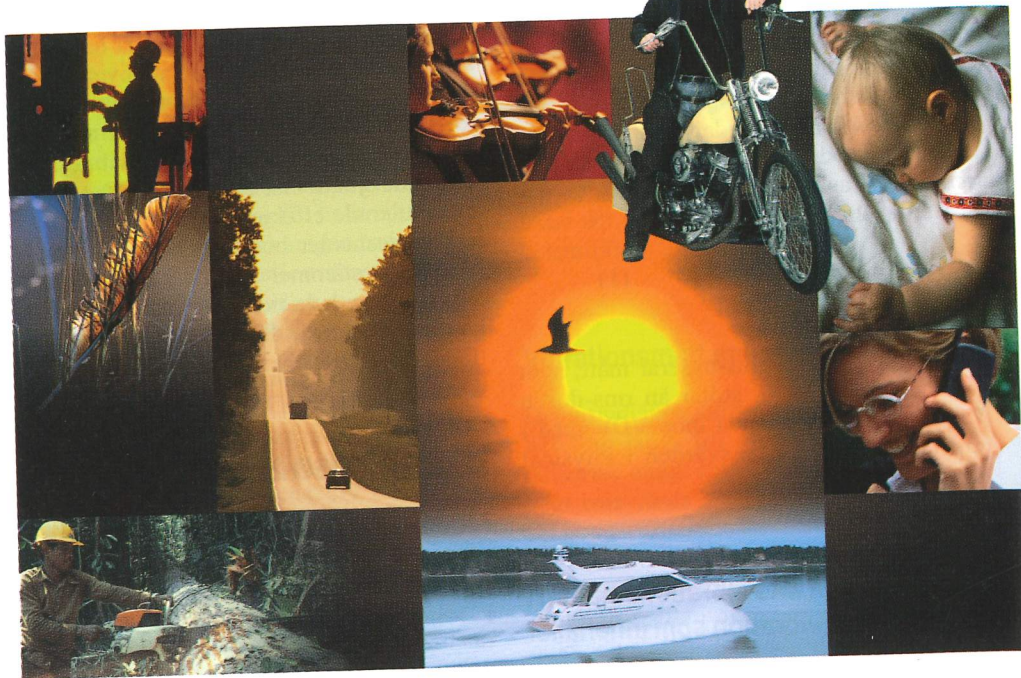
Metodiken i ISO 2631-5 baseras på senare tiders experimentella undersökningar på ske-lettdelar och i vissa fall på människokrop-par. Utmattningsskador i ländryggen relate-ras till tryckbelastningar i kotpelaren, vilkas ackumulerade skadeeffekt beräknas med hjälp av Palmgren-Miner's metoder.

**Steg 1.** Första steget är att bestämma överfö-ringen av accelerationer uppmätta i förarsä-te till accelerationer i de känsligaste delarna av kotpelaren, som finns i nedre delen av ländryggen. För horisontella vibrationer (x,y) har det visat sig att man får god överens-stämmelse mellan beräknade och uppmätta responser vid användning av en enkel mo-dell; lumpad parametermodell baserad på ett linjärt enfrihetsgradssystem med egenfrek-vens 2,125 Hz och kritisk dämpkvot 0,22.

För vertikala vibrationer är överföringen mycket mer komplicerad och starkt olinjär. Det har inte visat sig möjligt att beskriva



# Nu ska du lyssna väldigt noga!



Gör så här. Luta dig tillbaka och blunda. Vad hör du? Människor, en radio, ventilationssus, en industri? Du kanske känner vibrationer i huset från bilarna på gatan eller motorvägen?

Själva har vi lyssnat noga i 40 år och hört en hel del. Vårt jobb är nämligen att skapa tysta, vibrationsfria miljöer och produkter, och så bra förutsättningar som möjligt för tal, sång och musik.

Ingemansson är Europas ledande expert inom ljud och vibrationer. Vi hjälper konsulter, byggentreprenörer, industriföretag och myndigheter överallt i samhället.

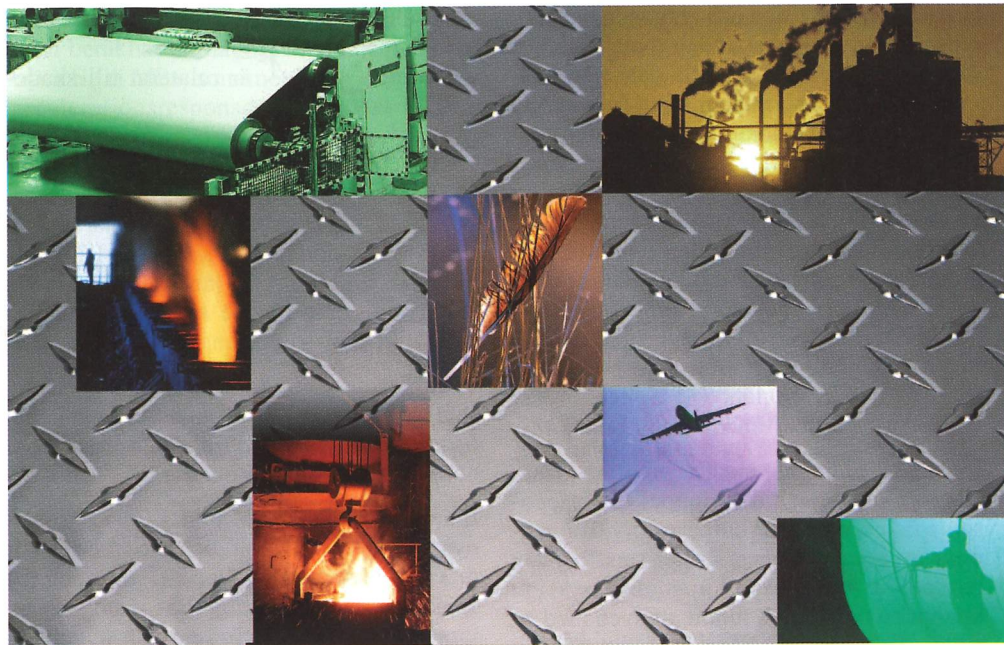
Vi tar fram tysta bostäder, arbetsplatser, vägar, fordon, maskiner och offentliga miljöer som ökar allas livskvalitet.

Dessutom säljer vi mät- och analyssystem, och mjukvara för simulering. Vi erbjuder också ett komplett utbildningsprogram.

Hur låter det runt omkring dig just nu? Är det tyst och behagligt har vi antagligen varit med och utvecklat miljön i både stort och smått. Har du ett eget ljudproblem som du vill lösa, är det bara att ringa och prata med oss.

Vi är bra på att lyssna.

# Ingemansson Industri



Produktionshastighet och kvalitet ökar genom dämpning av vibrationer.

Increased production speed and product quality will be possible through damping of vibrations.

Vi mäter, analyserar och föreslår praktiska konstruktionslösningar mot vibrationer i maskiner, anläggningar och arbetsmiljön.

We perform measurements, vibration analysis and develop vibration mitigation measures for machines, plants and in the working environment.

Vi vill ha en öppen och ömsesidigt utbildande relation med våra kunder.

Ingemansson has approximately 20 of Sweden's best specialists in vibration using the best vibration measurement systems and structural dynamics software.

Cirka 20 av Sveriges duktigaste vibrationsspecialister och de mest avancerade mätinstrumenten och simuleringsprogrammen på marknaden används av konsulterna.



överföringen i vertikalled med ett enkelt analytiskt samband. Man har fått ta till nevron-nätverk för att bygga upp ett samband mellan acceleration i säte och respons i kotpelarens nedre del. Nätverket har matats med en större mängd experimentella data från mätningar av samband mellan input (vibration i säte) och output (vibration i kotpelarens nedre del). På så sätt har nätverket förbättrats successivt och tränats och ett samband utvecklats i form av ett rekursivt formelsystem av komplicerad natur. Sedan man väl programmerat formeln med alla sina konstanter är det dock inget större problem att beräkna överföringen i en någorlunda snabb PC. Metoden för beräkning av respons i vertikalled har utvecklats vid Simon Fraser University utanför Vancouver i Canada [8].

ISO 2631-5 har tagit med ett program i Matlab som levererar tidsförloppet för responsen i nedre delen av kotpelaren vid inmatning av accelerationen i sätet (textfil). Jag har provat med inspelningslängder kring knappt en timme och funnit att även med en relativt långsam PC levereras responsen inom några få minuter för dessa inspelnings-tider. Den som inte har tillgång till Matlab kan programmera i C+ eller annat lämpligt programspråk.

**Steg 2.** Palmgren-Miner's hypotes för utmattning relateras till antal lastväxlingar och deras toppvärden. Nästa steg är således beräkning av antal toppar och deras magnitud. En topp definieras som absoluta maxvärdet av accelerationen mellan två på varandra följande korsningar av nollinjen. I x- och y-led räknas såväl negativa som positiva toppar. I z-led räknas endast positiva toppar på grund av att man anser att kompression, ej dragning, är avgörande för skaderisken. Det medföljande Matlabprogrammet har med denna beräkning, liksom den summering av toppar som beskrivs i Steg 3.

**Steg 3.** Nästa steg är beräkning av accelerationsdos. Man antar att lastväxlingar leder till mikrofrakturer som resultat av utmattning. Om  $n_i$  är antalet toppar med nivån  $A_i$ ,

gäller att  $\sum_i n_i \cdot A_i^s$  är relaterat till skade-

effekten, där  $s$  är en materialberoende konstant.

För strukturen i berörd del av kotpelaren (end plates) har Sandover et al (1981) [7] kommit fram till  $s = 9,85$ . Hansson et al (1987) [9] redovisar  $s=14$ . De senare överskattar sannolikt benstrukturens utmattningshållfasthet.

ISO 2631-5 har valt ett konservativt värde 6, vilket motsvarar de lägsta värden som uppmätts i berörda strukturer.

En accelerationsdos  $D_k$  bildas (alla  $A_i$  olika, dvs alla  $n_i$  lika med ett, och modifiering till  $m/s^2$  genom upphöjning av summan till  $1/6$ ):

$$D_k = \left[ \sum_i A_{ik}^6 \right]^{1/6} \quad (2)$$

där  $A_{ik}$  är den i-te toppen hos responsaccelerationen  $a_{ik}(t)$ ,  $k=x, y$  eller  $z$

Accelerationsdosen är enligt ISO 2631-5 det värde som bestämmer vibrationsexponeringens stränghet. Man kan således jämföra olika vibrationsexponeringar genom att jämföra deras  $D_k$ .

Standarden visar även hur man bestämmer den dagliga medeldosen samt hur man adderar olika vibrationsexponeringar till en total dagsdos.

**Steg 4.** Om man önskar numeriskt bestämma risken för skada från en viss accelerationsdos behöver man ett samband mellan

acceleration och tryckbelastning i kotpelaren. För detta har man utvecklat en biodynamisk modell baserad på experimentella data, som visar ett linjärt samband mellan dessa. Man beräknar ett dagligt ekvivalent statistiskt tryck  $S_{ed}$  (i MPa) som motsvarar den dagliga accelerationsresponsdosen  $D_{kd}$  ( $m=0,015$ ,  $m_y=0,035$  och  $m_z=0,032$  MPa/(m/s<sup>2</sup>):

$$S_{ed} = \left[ \sum_{k=x,y,z} (m_k D_{kd})^6 \right]^{1/6} \quad (3)$$

Min uppfattning är att man för varje arbetsplats skall utgå från att den genomsnittliga dagliga vibrationsexponeringen skall vara så begränsad att den inte leder till skada som livstidsdos. Det betyder att varje arbetsplats inte "konsumerar" mer än sin andel av accetabel ackumulerad livstidsdos.

Om man utgår från 45 års arbetsliv har man ur de studier som gjorts av utmattningsskallfastheten hos berörda delar av kotpelaren kommit fram till att

$S_{ed} < 0,5$  MPa innebär låg sannolikhet för negativa hälsoeffekter

$S_{ed} > 0,8$  MPa innebär hög sannolikhet för negativa hälsoeffekter

Detta är konservativa värden och kan komma att modifieras när man fått mer erfarenhet av epidemiologiska samband mellan dosvärden enligt denna metod och skador.

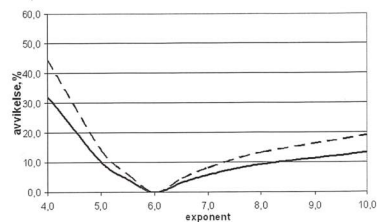
Standarden visar även hur man beräknar skaderisken för en viss person från en tidsbegränsad exponering (beror bl.a. av personens ålder). Detta kan vara till hjälp om man för ett enskilt skadefall vill utreda i vad mån det kan ha orsakats av en viss arbetssituation.

## Tillämpbarhet och jämförelse med rms och VDV

ISO 2631-5 representerar en milstolpe i hanteringen av vibrationer i arbetslivet. Även om underlaget har sina brister är det vida överlägset de underlag vi hittills haft för värdering av hälsorisker från vibrationsexponering. Metoden har även införts i USA på nationell nivå, bl.a. för värdering av skaderisker i militär miljö.

Även om ISO2631-5 utgör ett stort steg framåt finns det mycket som kan göras framöver för att förbättra metoden och validera den mot erfarenhet och fortsatta experiment. De modeller och metoder för beräkning av utmattning i berörda benstrukturer man använt kan behöva vidareutvecklas. Stora förenklingar har gjorts som kan behöva analyseras närmare. Beräkning av skaderisk enligt ISO 2631-5 förutsätter upprätt (ev. något tillbakalutad), avspänd position. Framåtböjd ställning ökar skaderisken.

En del känslighetsanalyser har gjorts. Figur 1 visar hur mycket  $S_e$  påverkas (i % av värdet vid exponenten 6) om man väljer en högre eller lägre exponent än 6 i ekvation (2) och (3). Bakom figuren ligger resultaten av 14 fältinspelningar av vibrationer från en bred variation av arbetsfordon, körunderlag och körhastigheter [10].

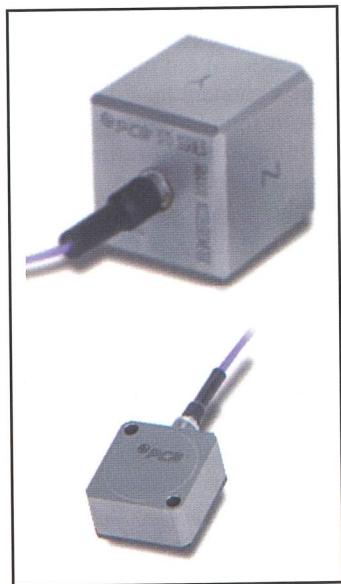
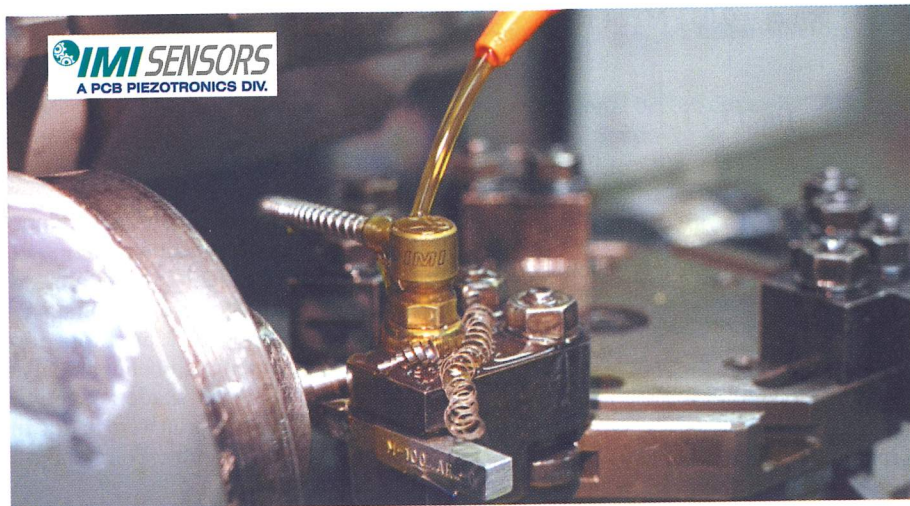


Figur 1. Variation i  $S_e$  (absolutmått) med avvikelse hos exponenten från värdet 6. Helt dragen linje=medelvärde. Streckad linje=medelvärde plus en standardavvikelse. Av figuren framgår att en avvikelse uppåt leder till måtliga skillnader (lägre  $S_e$ )



# SPINDLER®

Industriaccelerometer för vibrationsövervakning av  
högshastighets bearbetningsmaskiner



**PCB** PIEZOTRONICS<sup>INC.</sup>  
VIBRATION DIVISION

## Kapacitiva Accelerometrar

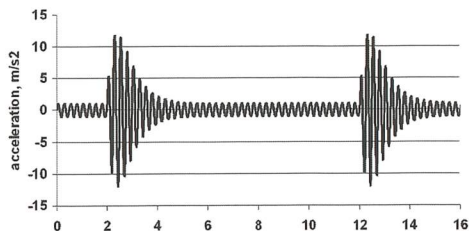
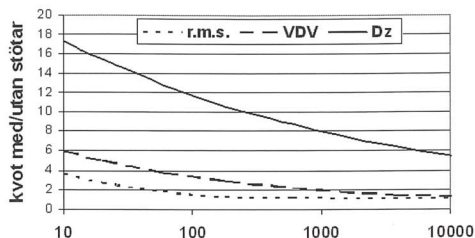
En- och triax accelerometrar för  
typiska miljömätningar. Givarna  
har frekvensområden från DC  
till 500 Hz och finns i  
mätområden från 3g till 20g  
med 100 eller 1000 mV/g i  
känslighet.

**PCB** SCANDINAVIA AB

Ring 08-444 38 70 eller  
E-post: [info@pcbscandinavia.se](mailto:info@pcbscandinavia.se)

En omfattande studie genomfördes för några år sedan i vilken visades skillnaden i nivå enligt olika vibrationsmått hos vibrationsför-

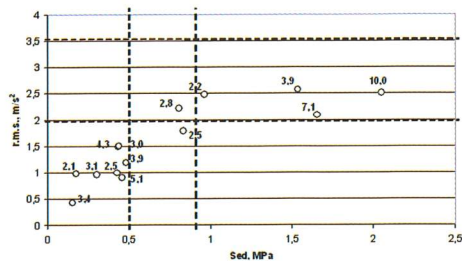
lopp med och utan stötar [10,11]. Figur 2 visar ett exempel.



Figur 2. Inverkan av stötar i ett vibrationsförlopp på olika stötmått (z-led). Den högra bilden visar vibrationsförloppet med inlagda stötar (exemplet en stöt var tionde sekund). Den vänstra bilden visar kvoten mellan strängheten enligt olika mått (rms, VDV, Dz) med och utan de inlagda stöterna som funktion av tidsavståndet mellan stöterna.

Det är uppenbart att rms kraftigt underskattar effekten på skaderisk av utpräglade stötar i vibrationsmiljön jämfört med miljöer där vibrationerna inte innehåller stötar. VDV har samma svaghet och är ett rent arbiträrt mått som inte har någon som helst koppling till analys av skaderisker. MTVV saknar relation till långtidseffekter och bör begränsas till att användas i samband med jämförelse av effekter av enstaka händelser.

Figur 3 visar relationen mellan rms-värden och  $S_e$  från samma studie som bl.a. omfattade totalt 14 inspelningar av vibrationer i olika typer av arbetsfordon under körning på olika underlag med olika hastigheter [11]. Vid värdena visas toppfaktorn, dvs kvoten mellan det högsta toppvärdet och rms-värdet för den vägda signalen. Health caution zone och skaderiskgränserna för  $S_e$  har lagts in. Figuren utgår från att inspelningarna representerar en exponering under 0,5h/arbetsdag. Av figuren framgår tydligt att riskbedömningen med rms och  $S_e$  blir likartad för vibrationer med låga toppfaktorer, medan  $S_e$  visar på en mycket högre risk än rms för vibrationerna med de högsta toppfaktorerna (7,1 och 10,0).



Figur 3. Samband mellan rms-värden och  $S_e$  för inspelningar med olika toppfaktorer

## SAMMANFATTNING OCH rekommendationer

ISO 2631-5 erbjuder ett sätt att värdera stötformade vibrationer ur risksynpunkt. Metoden bygger på experimentella underlag och är kopplad till erfarenheter från hållfasthetsläran. Den är relaterad till de mest förekommande skadeeffekterna av helkroppsvibrationer i arbetslivet vilka manifesteras i smärtor och besvär i ländryggen. Eftersom även andra skadeeffekter från helkroppsvibrationer förekommer är det viktigt att man inte enbart förlitar sig på denna metod utan även bedömer vibrationerna med hjälp av de kriterier som baseras på vibrationernas energi-innehåll.



Min rekommendation är att man som standard vid analys av vibrationer i arbetsmiljö utvärderar dessa med såväl rms-metoden enligt ISO 2631-1 som responsmetoden enligt ISO 2631-5. Dygnvärdet bedöms mot båda av de kriterier som finns i dessa standarder, dvs:

För dygnsmedelvärdet av rms:

$a_{\text{w}} < 0,45 \text{ m/s}^2$  : inga hälsorisker är dokumenterade.

$a_{\text{w}} > 0,8 \text{ m/s}^2$  : hälsorisk är sannolik

För dygnsdosen av ekvivalenta statiska kompressionsdosen:

$S_{\text{ed}} < 0,5 \text{ MPa}$  innebär låg sannolikhet för negativa hälsoeffekter.

$S_{\text{ed}} > 0,8 \text{ MPa}$  innebär hög sannolikhet för negativa hälsoeffekter



## SVIB medlem får miljöpris och utses till årets innovatör

Den 9 november, utsågs - **Rainer Massarsch**, Vibisol International AB till årets Innovatör av ALMI Företagspartner och härom veckan fick han 2:a pris i tävlingen MiljöInnovation 2004

Rainer Massarsch, Vibisol i Stockholm har vid två tillfällen belönats för sin teknik att med gasfyllda mattor installerade i permanenta slitsar i marken förhindra att ljud och vibrationer forplantar sig i marken. Rainer har under lång tid utvecklat en produkt som skyddar byggnader mot vibrationer i marken. Uppfinningen kan användas t.ex. för att hindra störande vibrationer från tågtrafik som sprids till närliggande byggnader. Genom långsiktigt och ihärdigt arbete har Rainer nyligen fått ett kommersiellt genombrott i form av order och installation i Japan. Rainer är en seriös och realistisk eldsjäl som genom sitt engagemang skapat förutsättningarna för framgång.

Syftet med utmärkelserna är att främja tillväxten genom att uppmärksamma framgångsrika företag och personer som kan inspirera och vara en förebild för andra. Utmärkelserna delas ut av Ulf Adelsohn, styrelseordförande ALMI Företagspartner Stockholm AB till de personer och företag i respektive kategori som utmärkt sig genom att åstadkomma något utöver det vanliga.

Om priserna står det i [www.miljoforum.n.se](http://www.miljoforum.n.se) att det syftar till att stimulera, stödja och påskynda utvecklingen mot ett hållbart samhälle. Huvudkriterierna för bedömningen av innovationerna är att de kan kombinera hög miljöprestanda med högt affärsvärde. MiljöInnovation 2004 arrangeras av MiljöForum Halland och Högskolan Halmstad i samarbete med NUTEK, Halmstads kommun, Region Halland, ALM I Företagspartner, VINNOVA och Energimyndigheten. Tom Berggren, VD, Svenska Riskkapitalföreningen och Karin Starrin, Landshövding i Hallands län, delade ut priserna. Juryn för MiljöInnovation 2004 hade nominerat 15 finalister, varav 4 utsetts till huvudpristagare.

# Nyheter från Acoutronic

## Ljud & Vibrationsanalysatorer från OROS OR3x-serien, Mindre, Lättare, Kraftfullare...

### Specifikationer:

- 2-32 kanaler
- 40 kHz bandbredd/kanal
- 24 bitars ADC
- Inspelning till hårddisk
- Parallell 1/n-oktavanalys, FFT & ORDER-Tracking
- ICP- & LEMO-ingångar
- Trigg- & Tachoingångar
- Signalgenerator, medger även lyssning på mätdata
- Nätverksanslutning
- Portabelt

### Programvara:

- ODS
- Modalanalys
- Ljudeffekt
- Ljudintensitet
- Ljudkvalitet
- Balansering

**my OROS**  
NOISE AND VIBRATION ANALYZERS  
[www.oros-signal.com](http://www.oros-signal.com)



OR34, vikt 1.4 kg



OR35, vikt 2.8 kg  
batteridrivet



OR38 & OR36,  
vikt 8 resp. 5 kg



**Acoutronic AB**

Box 1180  
SE-181 23 LIDINGÖ

Stockholm: Tel: 08-765 02 80

[acoutronic@acoutronic.se](mailto:acoutronic@acoutronic.se)  
<http://www.acoutronic.se>

Göteborg: Tel: 031-744 34 50



# Utveckling av lågvibrerande verktyg

Lars Skogsberg  
Atlas Copco Tools AB  
105 23 Stockholm  
lars.skogsberg@se.atlascopco.com

**Sammandrag:** De krafter som orsakar vibrationer i handhållna industriverktyg beskrivs. De konstruktionsprinciper som kan användas och deras respektive användbarhet för olika verktygstyper går igenom. Med ett antal exempel beskrivs hur dessa konstruktionsprinciper har tillämpats på ett antal industriverktyg.

**Nyckelord:** Vibrationer, Hand-arm, Temadag, Industriverktyg, Maskinkonstruktion

**Biografiska uppgifter:** Lars Skogsberg har under 30 års tid arbetat på Atlas Copco inom områdena, mätning och analys av handverktygsvibrationer, vibrationskontroll, handverktygsergonomi och teknisk utveckling av luftdrivna verktyg. Han är engagerad i internationell standardisering och ordförande i ISO/TC 118/SC 3/WG 3.

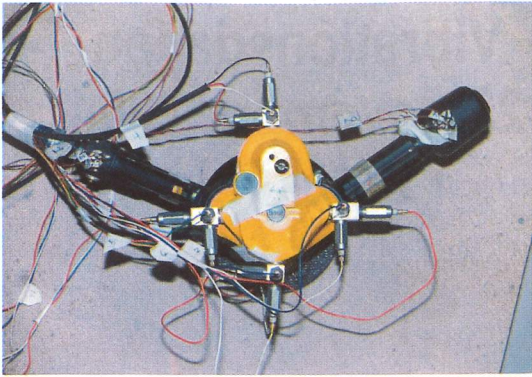
## INTRODUKTION

Industrimaskiner kan ur vibrationssynpunkt oftast betraktas som stela kroppar eventuellt med handtag som är vekt infästa mot maskinen. På den stela kroppen verkar krafter som ger upphov till vibrationer. Det finns tre enkla principer att reducera vibrationerna. Minska den vibrerande kraften, gör maskinen mindre känslig för oscillerande krafter eller

isolera handtagen från den vibrerande maskinkroppen. I ett antal exempel visas hur dessa principer tillämpats på några handverktyg för industrin.

## VARFÖR VIBRERAR HANDVERKTYG?

Ett handverktyg för industriell användning måste vara mycket robust för att klara den tidvis mycket tuffa användning som de utsätts för. Industriverktyg har därför oftast den bärande konstruktionen i metall. Ur vibrationssynpunkt kan man därför betrakta industrimaskiner som stela korppar, speciellt eftersom den dominerande vibrationen oftast är spindelns varvtal eller slagfrekvensen för en slående maskin. Dessa frekvenser är nästan undantagslöst under 200 Hz. Handtagen däremot är inte alltid stelt monterade. Det förekommer både medvetet veka infästningar för att ge vibrationsdämpning och omedvetet veka infästningar som då inte sällan "råkar" vara i resonans inom det intressanta frekvensområdet.



*Fig. 1 Exempel på en slipmaskin som undersöks med running mode analys för att se om den kan betraktas som en stel kropp.*

Den stela kroppen påverkas av oscillerande krafter. Dessa kan indelas i processoberoende krafter och processkrafter. Exempel på processoberoende krafter kan vara roterande obalanser i maskinen antingen från delar i maskinen eller från påmonterade tillbehör som slipskivor, borrar eller mutterdragarhylsor. Accelerationen av slagkolven i en mejsel- eller nit-hammare är också en processoberoende kraft liksom de varvtalsberoende momentvariationer som alltid finns i motorerna. Processkrafter kan till exempel vara kontaktkrafter mellan maskinen och underlaget eller stötvågsreflexer som fortplantas upp i verktyget i varje slag. Det är viktigt vid konstruktionen av verktyget att veta vilka typer av krafter som är dominerande källor till de vibrationer som ska reduceras.

## Konstruktionsprinciper

Det finns tre sätt att minska vibrationerna i handtagen på ett industriverktyg. Minska de oscillerande krafterna, gör maskinen mindre känslig för krafterna eller isolera handtagen från den vibrerande maskinkroppen.

### Minska de oscillerande krafterna

Minska krafterna kan man göra genom att förbättra balansen hos roterande delar. De tillbehör som monteras på maskinen har maskintillverkaren ingen kontroll över men man kan göra styrningarna för tillbehören med god precision och se till att vara på den sida i det tillåtna toleransintervallet som ger bäst styrning mellan maskin och tillbehör. För slående maskiner är krafterna som accelererar kolven ofta en källa till vibrationer. Det finns i vissa fall möjligheter att låta underlaget via mejseln ta upp reaktionskraften till den accelererande kraften i stället för att maskinhuset gör det. Att helt enkelt minska maskinens effekt och på det sättet minska krafterna är oftast inte gångbart eftersom det bara leder till ökad användningstid som i sin tur påverkar exponeringen negativt.

Gör maskinen mindre känslig för de oscillerande krafterna

En maskin kan göras mindre känslig för vibrerande krafter genom att öka maskinens massa och/eller tröghetsmoment. Att öka massan är en tveksam åtgärd av ergonomiska skäl, men i vissa fall kan en liten ökning



# Vibrationsdagen 23 november 2004 i Stockholm



*Martin Almgren och Ole Dössing  
i samtal*



*Guldaccelerometern*



*Lunchdags*

av massan ge ett så stort tillskott i tröghetsmoment att det kan vara en försvarbar åtgärd. Eftersom maskinen kan betraktas som en stel kropp upphängd i veka fjädrar rör den sig i rymden runt ett rotationscentrum. Det vinkelräta avståndet mellan krafterna och rotationscentrum bestämmer hur rörelsemönstret ser ut. Genom att variera dessa avstånd kan man styra maskinens rörelse i rymden.

Isolera handtagen från den vibrerande maskinkroppen.

Isolering av handtagen från den vibrerande maskinkroppen är den vanligaste åtgärden. Motorsågar och spett är bra exempel på när denna princip använts med stor framgång.

En svårighet är att få tillräcklig stor massa i handtagen för att göra systemet överkritiskt utan att behöva ha alltför veka fjädrar. En annan att inte ta bort så mycket massa från maskinkroppen att dess vibrationsamplitud ökar så mycket att vibrationsdämpningen sätts ur spel.

## Några exempel

Vibrationsisolerande handtag.

För industriverktyg är ett vanligt förekommande exemplet dämpande stödhandtag för slipmaskiner. Det är viktigt att förstå att rörelsemönstret för maskinen helt ändras när ett isolerat handtag monteras.

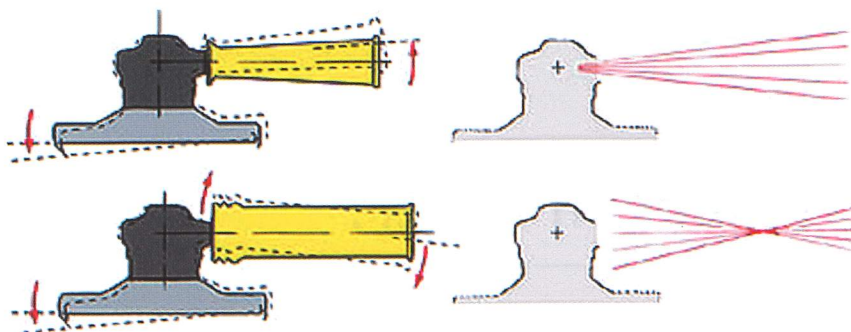


Fig. 2 Ett stelt monterat handtag svänger i fas med maskinhuset. Handtagets tröghetsmoment hjälper till att minska maskinens rollning runt pådragshandtaget. Ett isolerat handtag svänger ur fas. Dess tröghetsmoment är inte längre kopplat till huset som kommer att rolla betydligt mer runt pådraget.

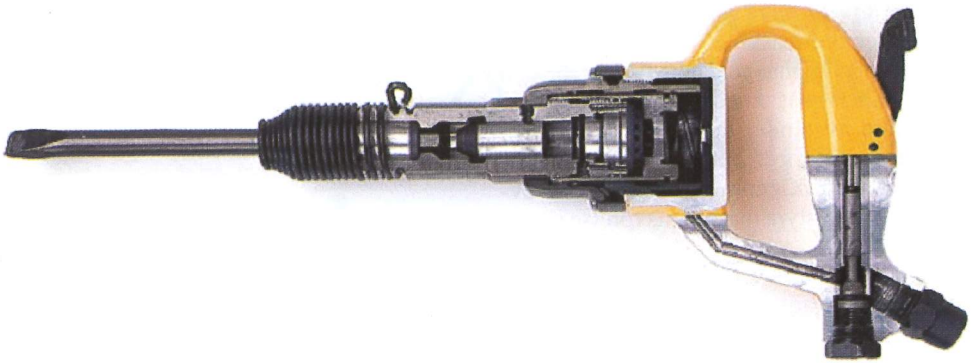
Om man mäter resonansen hos ett stödhandtag monterat på ett skakbord kommer man att få en egenfrekvens som är lägre än den man får om handtaget monteras på en maskin med begränsad massa/tröghet.

med en frihetsgrad användas. Här används den tredje principen, handtaget isoleras från vibrationerna i slagverket med en fjäder som vekt element.

Vibrationsisolerad mejselhammare.

Accelerationen av kolven ger vibrationer i mejselns längdriktning. För att isolera handtaget från dessa vibrationer kan en isolering

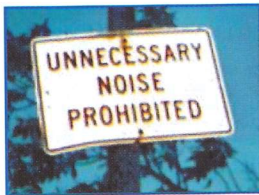




*Fig. 3 Mejselhammare isolerad med fjädrar mellan slagverket och handtaget.*

Nackdelen med en spiralfjäder som vekt element är att den måste förspännas för att kunna ta upp matningskraften. Det gör att maskinen måste köras med en matningskraft inom det aktiva området för fjädern.

## Huller om Buller?



**WSP Akustik** ingår i WSP Group med ca 80 akustiker i koncernen. Det gör akustikenheten inom WSP till en av Europas största aktörer i branschen. I Sverige är vi ett 40-tal medarbetare med över 40 års erfarenhet av specialisttjänster inom områdena akustik, buller och vibrationer. Vi har välutrustade ljudlab och programvaror som täcker de flesta behov inom alla branscher.

**WSP Akustik** har kontor i Stockholm, Göteborg, Malmö, Helsingfors, Oslo, Bergen, Kristiansand, Stavanger, Tønsberg, London, Birmingham och Bristol.

Vi är ackrediterade av Swedac att utföra mätningar inom akustik- och vibrationsområdet. Vi tillhandahåller kundanpassad utbildning och är också aktiva inom standardiseringsorgan för att bistå med vår expertis och för att vara med och styra utvecklingen åt rätt håll.

Välkommen att kontakta oss!

Stockholm: 08-555 233 00, Göteborg 031-72 72 634, Malmö 040-699 63 33

[www.wspgroup.se](http://www.wspgroup.se)

**WSP Akustik**



### Vibrationsisolerad nithammare.

En nithammare körs med mycket varierande matningskraft. Det gör att en spiralfjäder som dämpande element inte fungerar för alla applikationer. I denna nithammare används i stället en luftvolym som vekt element. En luftvolym är en mycket vek fjäder varför dämpningen blir effektiv. För att klara olika matningskrafter har ett servosystem byggts i maskinen. En kolv bakom slagverket har en ventilfunktion som ökar trycket bakom kolven om den trycks in och sänker trycket när

den släpps ut. Kanalerna i kolven har begränsad area och systemet hinner därför inte svara på snabba lägesändringar. Resultatet blir en maskin med en fjädring som upplevs som mycket styv för långsamma förändringar av matningskraften samtidigt som den är mycket vek för de snabba förändringar som vibrationen ger upphov till.

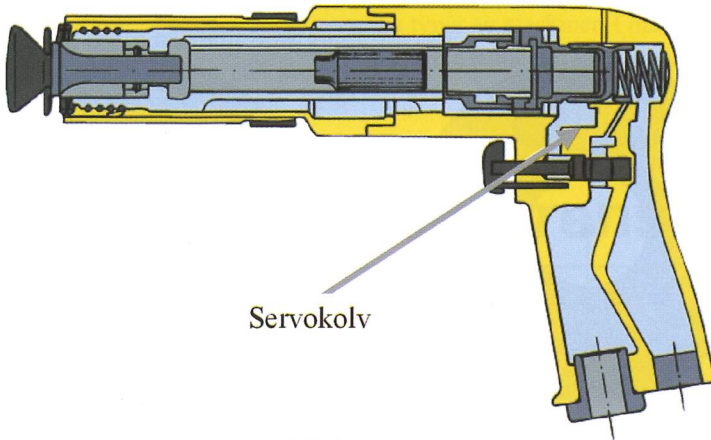


Fig. 3 Nithammare vibrationsisolerad med aktiv luftkolv

### Lågvibrerande slipmaskin.

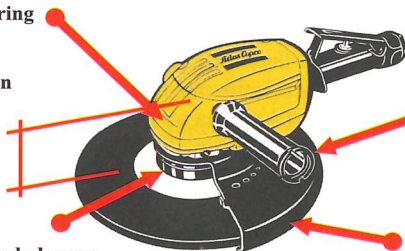
I en slipmaskin har man möjlighet att tillämpa alla de tre principer för vibrationsreducering som nämnts tidigare. I exemplet har bara två använts eftersom resultatet blivit så bra att ett vibrationsisolerat stödhandtag inte bedömts som nödvändigt. Ett isolerat hand-

tag ökar maskinens vikt och försvårar hanteringen. Denna maskin har en maximal spindeleffekt på 4,5 kW och de matningskrafter som behövs för att hantera maskinen är därför stora.

Spindel med  
precisionslagring  
och snäva  
toleranser på  
skivstyrningen

Litet  
avstånd  
mellan  
obalans och  
tyngdpunkt

Auto balancer



Standard  
handtag för att  
spara 0,4 kg  
vikt

Sprängskydd låst till  
maskinen vid  
slipning

Fig. 4 Principer för vibrationskontroll av en slipmaskin



**Minska de oscillerande krafterna** har gjorts genom att använda en spindel med en styv lagring och styrflänsar mot slipskivan med hög precision. En automatisk balanseringsenhet som kommer att förklaras senare i texten har också använts.

**Göra maskinen mindre känslig för oscillerande krafter.** Det är viktigt att utnyttja hela maskinens massa för att tröghetsmomentet. Sprängskyddet är en viktig del av tröghetsmomentet runt pådragshandtaget. Det ska därför vara stelt kopplat till maskinhuset under drift samtidigt som det bör vara

lättrörligt när maskinen inte körs. Detta åstadkoms med en luftkolv som trycker fast skyddet när triggern är aktiverad. Avståndet mellan maskinens tyngdpunkt och slipskivan är litet. Detta minskar maskinens tendens att rolla runt pådragshantaget.

## Automatisk balanseringsenhet

Maskinen i ovanstående exempel har gjorts mindre känslig för slipskivans obalans genom att använda en automatisk balanseringsenhet på utgående spindeln.

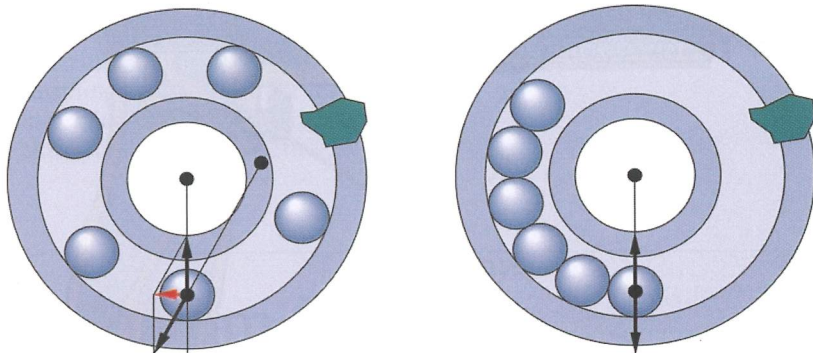


Fig. 5 Funktionsprincipen för en automatisk balanseringsenhet

Balanseringsenheten sitter på utgående spindeln på slipmaskinen. Den består i princip av en ytterbana till ett kullager innesluten i en hermetiskt tät burk. Inne i kulbanan finns ett antal kuler som kan röra sig fritt. Kulbanan ska med hög precision ha samma centrum som spindeln.

Maskinen, upphängd i armarna på operatören, är alltid ett system som är överkritiskt för maskinens rotationsfrekvens. Spindeln kommer därför att rotera runt ett rotationscentrum som inte sammanfaller med spindelns eget centrum. Om rotationscentrum representeras av den högra punkten i den vänstra bilden kommer kraftspelet på en kula

att vara så som bilden beskriver. Centrifugalkraften verkar i tangentens riktning ut från rotationscentrum medan reaktionskraften från kulbanan verkar vinkelrätt mot denna och alltså in mot spindelns centrum. En resultant kommer då att uppstå som verkar längs kulbanan. Det betyder att kulan kommer att börja röra sig på kulbanan och därmed förändra obalansen och rotationscentrums läge. Enda läget där resultanten på kulorna blir noll är när kulorna funnit sådana lägen att rotationscentrum sammanfaller med kulbanans centrum. På detta sätt kommer kulorna att ställa in sig så att de motbalanserar slipskivans obalans.

Det finns en övre gräns för balanseringsfunktionen när alla kulorna är tätt tillsammans på ena sidan men ändå inte räcker till för att motbalansera skivans obalans. Ett problem med balanseringsenheten är att den är mer effektiv när maskinen körs i tomgång än den är vid slipning. Den sänker vibrationerna klart också vid slipning men inte i den utsträckning som det deklarerade värdet antyder. Det kommer att tas hänsyn till detta i revisionsarbetet med maskinmät standarderna.

### SAMMANFATTNING

• Ett handverktyg för industriellt bruk kan i de flesta fall betraktas som en stel kropp. Handtagen är inte alltid delar av den stela kroppen.

• Vibrationerna uppstår på grund av krafter som verkar på den stela kroppen. Det är antingen processoberoende krafter som t.ex. krafter från obalanser i roterande delar eller processkrafter som uppstår när maskinen är i kontakt med underlaget.

• Det finns tre grundprinciper för att minska vibrationerna. Minska de oscillerande krafterna, gör maskinen mindre känslig för oscillerande krafter eller isolera handtagen från vibrationerna i maskinhuset.

• Alla 3 principerna är användbara på olika typer av maskiner. I många fall kombinerar flera principer i samma maskin. □

---

## Kurser och Konferenser

---



Torsdagen den 27 januari 2005 anordnar SEES ett projektredovisningsseminarium

### Produktoptimering genom totalkostnad

Att på ett vettigt sätt kunna ta hänsyn till såväl tillverkar-, användar- och samhällskrav vid materialval – som livslängds- och ekodesign

Plats: Teknikföretagens Hus, Storgatan 5, Stockholm (tel: 08-782 08 00)

Lokal: Hörsalen, bv

Tid: kl 13 00 – 16 30

Deltagarkostnad: SEES medlemmar: 440:- kr, icke SEES medlemmar: 640:- kr

Anmälan per e-post till: Helen Schneider: [helen.schneider@teknikforetagen.se](mailto:helen.schneider@teknikforetagen.se)

\*\*\*\*\*

### AU 1 Symposium "Mätning och analys av vibrationer"

Riksgränsen: Fredag 2005-04-15 till tisdag 04-19.

SVIBs extra årsmöte kommer att hållas i samband med Riksgränssymposiet.

Anmälan via SVIBs hemsida från och med utgivningsdagen för detta nummer av SVIB Nytt



**TWELFTH INTERNATIONAL CONGRESS ON SOUND AND VIBRATION  
(ICSV12)**

will be held on July 11-14, 2005 in Lisbon, Portugal.

ICSV12 Technical Secretariat, CAPS-IST

1049-001 Lisbon, PORTUGAL

e-mail: [icsv12@ist.utl.pt](mailto:icsv12@ist.utl.pt)

fax: +351 218465303

[www.icsv12.ist.utl.pt](http://www.icsv12.ist.utl.pt)

\*\*\*\*\*

**Operational Modal Analysis**

1st International Operational Modal Analysis Conference

April 26-27, 2005 Admiral Hotel, Copenhagen, Denmark

[www.iomac.dk](http://www.iomac.dk)

Rune Brincker

Structural Vibration Solutions A/S

Niels Jernes Vej 10

9220 Aalborg East

Phone: +45 9635 4422

e-post: [rb@svibs.com](mailto:rb@svibs.com)

\*\*\*\*\*

Subject: **NOVEM 2005 International Conference**

on emerging methods in noise and vibration

Saint Raphaël - French Riviera, April 18-21, 2005

<http://www.novem2005.com>

Goran Pavic

on behalf of the Organizing Team

Institut National des Sciences Appliquées de Lyon

Institute of Sound and Vibration Research, Southampton

# Vibrationsövervakning



NY!

## M12 Vibrationsmonitor för DIN-skena:

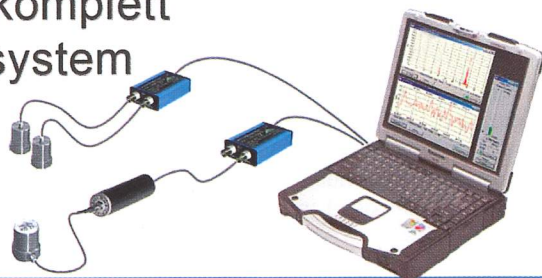
- Acceleration  $\text{m/s}^2$
- Hastighet  $\text{mm/s}$
- Våglängd  $\mu\text{m}$
- RMS och peak-peak
- Valbara hög- och lågpassfilter
- Display som option
- IEPE-matning (ICP®) för givare



## VS4 vibrationsdetektor, VS6 vibrationsbrytare

- Inbyggd accelerometer
- 2 mätområden upp till  $200 \text{ mm/s}$
- Bandbredd upp till  $1 \text{ kHz}$
- Larmutgång (VS4), brytrelä (VS6)
- Mäter enligt ISO10816

## VibroMatrix® - ett komplett USB-baserat mätsystem



[www.systemtech.se](http://www.systemtech.se)

**System Technology Sweden AB**

Tel: 013-35 70 30 • Fax: 013-14 05 30

E-post: [vib@systemtech.se](mailto:vib@systemtech.se)

# Upp till 70.000.000.000 Euro skall investeras i öststaternas miljö de närmaste 10 åren!

**Är Ditt företag intresserat av nya affärsmöjligheter i Östeuropa?**

**Vill Ni vara med och skapa affärer genom vårt projekt i Estland?**

**V**i lever i en värld som ständigt minskar och där gränser försvinner. Buller och vibrationer får en allt större betydelse även i länder utanför Europa. Vi kan konstatera att många miljöproblem av hög prioritet i dagsläget, t.ex. energiproduktion, avhjälpas tack vare nya lösningar som ger miljövänlig energi på såväl kort- som lång sikt. Nästa problem att ta itu med på dagordning blir buller och vibrationer!

De nya medlemsstaterna i EU har utfäst stora löften om att förbättra miljön i samband med sitt EU inträde. Man uppskattar att det handlar om ca 50-70 miljarder Euro som främst skall investeras i vatten och luftvård. I takt med att medvetenheten ökar så kan någon procent komma att gå till buller och vibrationsbekämpning.

Dessutom tillkommer hela Asienmarknaden, som i vissa projekt visat intresse för bullerfrågor.

Genom ökat samarbete och gemensamma marknadsföringsinsatser har vi större chans att få ta del av dessa pengar. Kunderna i Östeuropa vill hela tiden ha färdiga helhetslösningar. Vi får ökad trovärdighet om vi syns tillsammans.

Ingemansson är involverat i ett antal aktiviteter för att stärka svensk export av buller-teknologi:

- Vi sitter med i styrelsen för miljönätverket SET som innehåller ett antal miljöföretag som redan idag exporterar till Asien och Östeuropa. Som ett komplement till detta ingår/deltar Ingemansson i bildandet av föreningen Svensk Miljöteknik, som skall vara ett stöd/påverkare till det nationella centret. Här bevakar vi så att våra intresseorganisationer finns med.
- Vi sprider kunskap om svensk buller- och vibrationsteknik vid internationella konferenser och i samband med standardiseringsarbete.
- Just nu pågår ett NUTEK projekt där vi sprider kunskap och information i Estland. Hittills har vi via konferenser och företagsbesök mött drygt 200 personer, se information nedan.



## Vad kan vi göra för att öka marknadsföringen mot Östeuropa och Asien.

Nedan redovisas två aktiviteter som vi vill ha Ert svar på:

### 1 Gemensam hemsida

Regeringen planerar att bilda ett Nationellt center med uppdrag att stödja export av svensk miljöteknik. Som stöd för denna verksamhet kommer man att behöva samordning av olika teknikområden. Ett av dessa områden är akustik och vibrationer.

Ingemansson Technology AB inbjuder ditt företag att delta på en gemensam webbsida angående svensk akustik, buller- och vibrationstekniks lansering i Östeuropa och Asien!

Sverige har ett gott rykte om sig att ligga i fronten när det gäller produkter och praktiska tillämpningar. Vår konkurrensfördel är att vi har praktisk erfarenhet av lösningar och tillämpning av teknik.

Genom åren har Ingemansson utvecklat ett bra samarbete med de flesta av Er leverantörer av produkter och tillämpningar. Nu är det dags att vi presenterar denna helhet på en gemensam hemsida.

På sikt kan vi lägga denna hemsida hos exportrådet, SET eller hos det nya Nationella centret. Vi börjar dock med att lägga den på vår hemsida.

Vill Ni vara med? Skicka företagsinformation på engelska (max 100 ord) samt logotyp och länk till:

*annika.almsten@ingemansson.se*

Administrationskostnaden är 5000 sek (inga årsavgifter)

### 2 Säljresa till Tallin 15-17 mars

Sedan i våras har vi gjort några uppdrag och hållit ett antal föredrag i Estland. Buller är ett område man inte funderat så mycket på hittills. Man tar dock seriöst på de EU-direktiv som gäller. Man är mycket intresserad av praktiska lösningar.

I vårt arbete i Estland har vi nu kommit till ett antal konferenser som skall genomföras och där det finns möjlighet för Ert företag att presentera produkter och lösningar. Vi kommer att ha god tid för produktinformation.

Konferenserna kommer vi att anordna i samarbete med socialdepartementet i Estland varför det finns goda möjligheter till att många människor samlas.

Konferenserna gäller såväl arbetsmiljö som samhällsbuller. Dessutom kommer vi att anordna en speciell utbildning i mätning och analys av vibrationer

Preliminärt gäller följande tider

- 15-16 mars buller i arbetsmiljön
- 16-17 mars samhällsbuller och externt industribuller.
- 5-7 april. utbildning i vibrationer

Preliminärt kommer det att anordnas en mottagning på svenska ambassaden i samband med konferenserna.

Ta chansen att träffa potentiella kunder, var med när en ny marknad öppnar sig, ta chansen att träffa vårt nätverk av företag i såväl Sverige som Estland etc.

Kontakta undertecknad, Martin Almgren eller Annika Almsten så får du veta mera detaljer.

*Med vänlig hälsning*

*Ingemansson Technology AB Göteborg,*

*Lars Landström*

# VIBRATIONSTEKNIK

PUR-elastomerer, stålfjäderelement,  
dämpare och vibrationsisolatorer för  
järnväg, bygg, industri och produkter.

Ett komplett program för vibrations-  
och stomljudsisolering.

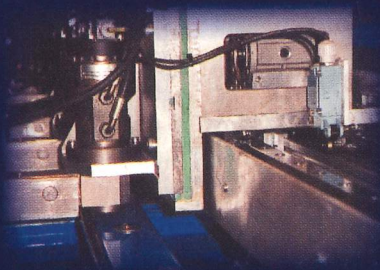
**sylomer<sup>®</sup>**

**SYLODYN<sup>®</sup>**

**SYLODAMP** |||||<sup>®</sup>



**GERB**



**Läs mer: [www.cbab.se](http://www.cbab.se)**

**Maila: [info@cbab.se](mailto:info@cbab.se)**

**Ring: 031-33 66 900**

**Teknisk kompetens - Erfarenhet - Utveckling**



## Modulärt LaserDopplerVibrometer-system

**OFV - 5000 / -50x / -55x**

OFV-systemet är ett flexibelt moduluppbyggt bassystem med digital bearbetning och nya funktioner som gör de beröringsfria vibrationsmätningarna mer exakta, enklare och flexiblare.

Utrustningen kan skräddarsys efter en speciell mätuppgift eller generella mätningar och är anpassad för forskning och utveckling.

- ▶ Givare och förstärkare
- ▶ Krockssäkerhet
- ▶ Mätinstrument – datainsamling
- ▶ Underhåll och materialkontroll
- ▶ Process- och maskinövervakning

- Vibrationshastigheter upp till  $\pm 10$  m/s
- Förflyttning/förskjutning från nanometer till meter
- Frekvenser från DC till 20 MHz



Alvetec AB Fakturavägen 6 • 175 62 JÄRFÄLLA • Tel 08-445 76 61 • [www.alvetec.se](http://www.alvetec.se)

## *Vilka givare behöver Ni?*



### **Piezelektriska**

Accelerometrar 1-ax, 3 ax  
Kraftgivare 1-ax, 3-ax  
Tryckgivare

### **Piezoresistiva**

Tryckgivare

### **Kapacitiva**

Accelerometrar

***Total Customer Satisfaction Guarantee!***

 **PCB SCANDINAVIA AB**

Ring 08-444 38 70

E-post: [info@pcbscandinavia.se](mailto:info@pcbscandinavia.se)



# Ingemansson Byggnad - Samhälle



Vi mäter, analyserar och föreslår praktiska konstruktionslösningar för att minimera och motverka vibrationer i byggnader och anläggningar.

Ingemansson har stor erfarenhet inom området och utreder bl.a. vibrationer från tåg, tunnelbanor, vägtrafik, kompressorer, pumpar och andra installationer. Vi arbetar med markvibrationer och utför besiktningsarbeten.

Vibrations from railways, subways and road traffic often cause problems in urban areas today .

The problems can usually be avoided by good engineering but sometimes further actions have to be made such as placing whole buildings on vibration isolators. We perform measurements, vibration analysis and provides design solutions to minimise vibrations in buildings, plants and at construction sites.

Ingemansson has a long experience in the field and we have the know-how from our approximately 100 noise and vibration experts to provide customized and cost-effective solutions to our customers.



# Utbildning Konsulttjänster Programvaror

Vi är Nordens ledande utbildningsföretag inom ljud- och vibrationsområdet.

Vi erbjuder även kvalificerade konsulttjänster och Matlab-baserade programvaror inom området.



The toolbox for spectrum analysis, statistics and more



The toolbox for modal analysis, mechanical simulation, and system identification



The toolbox for experimental fatigue and durability analysis, and environmental engineering computations



Axiom EduTech AB

P.O. Box 2822

SE-187 28, TÄBY

SWEDEN

PHONE: +46-708-57 50 38

FAX: +46-708-57 50 10

info@axiom-edutech.com

www.axiom-edutech.com

Saven EduTech har bytt namn och heter nu Axiom EduTech

# Låt oss visa vägen till rätt testutrustning

Den rätta och trygga vägen går till de ledande tillverkarnas produkter. Dessa har år efter år köpts av krävande svenska företag, av dina kollegor, sedan de gjort professionella bedömningar av *alla* aspekter. Därför vet du att vi visar vägen till rätt testutrustning.



## Elektrodynamiska vibratorer: LDS

LDS har urvalet, resurserna och det oskattbara kunnandet. Från 8,9 N till 289 kN. Combobaser och glidbord. Förstärkare. Fixturer. Vägen till rätt vibrationstest.



## Klimatkammare: Vötsch

(generalagent är Axeb AB)

Kyla, värme och fukt. "Walk-in".  
Vägen till rätt klimattest.



## Kombinationer

Kombinera klimattest med vibrationstest.  
Vägen till rätt, heltäckande test, om det är vad du behöver.



## Styrsystem: Dactron

Enastående bra, lättlärt användargränssnitt. Välj mellan Sinus (S), Resonance search track och dwell, Random (R), SoR, RoR, SoRoR, classical shock, SRS, TTH. Road simulation. Vägen till rätt styrning av vibrationstest.



## Datainsamling: Dactron, MSL

**Dactron:** Portabla FFT-analysatorer, 2 – 32 kanaler. Analys av vibration, ljud, roterande maskiner. Modal analys.  
**MSL:** Distribuerad datainsamling. Web-baserad övervakning.  
Vägen till rätt datainsamling.

Kontakta oss för en diskussion, eller begär mer information!

Siddis AB • Box 182 • 184 22 Åkersberga

tel 08-544 019 56 • fax 08-540 212 65 • [info@siddis.se](mailto:info@siddis.se) • [www.siddis.se](http://www.siddis.se)



# Familjen *PULSE*

PULSE™, vårt bästsäljande Multianalys-system, är resultatet av mer än 60 års innovationer och erfarenheter. PULSE familjen kan tack vare valmöjligheterna med mjukvara och hårdvara anpassas till en mängd olika tillämpningar inom ljud och vibrationsanalys.

- Helt PC-baserad (dvs inga DSP-kort)
- Från små portabla system upp till hela nätverk
- Modulärt system från 0 upp till mer än 200 kanaler
- Batteridrivet och/eller nätdrivet
- Supporterar TEDS-givare (Transducer Electronic Data Sheet)
- Enastående dynamik tack vare 24-bitars A/D-omvandling
- Standard LAN-anslutning mellan dator och mätenhet, möjlighet till trådlös överföring
- Rapport i Word/Excel med aktiva diagram

För mer information titta in på [www.bksv.se](http://www.bksv.se) och [www.bksv.com](http://www.bksv.com) eller kontakta ditt lokala Brüel & Kjær kontor.



Huvudkontor: DK-2850 Nærum • Danmark  
Telefon: +45 45 80 05 00 • Fax: +45 45 80 14 05  
[www.bksv.com](http://www.bksv.com) • [info@bksv.com](mailto:info@bksv.com)

Brüel & Kjær Sverige • [seinfo@bksv.com](mailto:seinfo@bksv.com)  
Borås-kontoret: Tel: 033-22 56 22 • Fax: 033-12 31 40  
Huddinge-kontoret: Tel: 08-449 86 00 • Fax: 08-449 86 10

*PULSE i olika former*

**Brüel & Kjær** 

# Ingemansson Automotive



Ingemansson Automotive provides specialized NVH (noise-vibration-harshness) engineering services to vehicle manufacturers and suppliers throughout the product development process, from the concept design to final hardware testing and refinement.

We cover all NVH areas such as:

- Full NVH attribute responsibility for vehicles, systems or components
- Advanced NVH simulation and testing
- NVH troubleshooting and problem solving
- NVH education and technology transfer projects
- Qualified NVH engineers on site

Ingemansson NVH specialists have helped a large number of leading manufacturers of vehicles, including cars, trucks, buses, trains, aircraft, ships and more.

With more than 40 years of accumulated experience, we excel in a track record of providing customized and cost-effective engineering solutions to any NVH issues.

Automotive NVH engineering is a highly complex discipline. Our large, well-trained specialist staff is therefore our most valuable asset. By using our advanced, state-of-the art simulation and multichannel testing resources, they always strive to deliver specialist services with the highest quality and productivity.

Being part of Ingemansson Technology AB also means that we can use the know-how of any of its nearly 100 noise and vibration experts and the network of qualified sub-consultants to deliver the best possible service value to our customers.

**Leading expertise - Sound and Vibration**  
**Ingemansson Technology AB. [www.ingemansson.com](http://www.ingemansson.com)**

