

RI.  
SE



# Noll vibrationsskador

Hans Lindell & Carolina Pettersson, 2024-04-11

# Korta fakta om RISE

- IVF => SWEREA => RISE (2018)
- Finns över hela Sverige – och lite till
- Ca 3 300 medarbetare
- Omsatte år 2023 cirka 4,2 miljarder SEK



# Projektet: Noll Vibrationsskador

- Projektid: juni 2014 – dec 2024
- Budget: 20 Mkr samt 40 Mkr från deltagande företag
- Finansierat av Vinnova inom programmet Utmaningsdriven innovation
- Mål: att eliminera vibrationsskador genom att ta bort vibrationerna vid källan, dvs i maskinen

# Maskiner behöver inte vibrera och skada människor!

Film 1,25 min: [Zero vibration-related injuries Trailer – YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=58i9XTkQOss&t=3s)  
<https://www.youtube.com/watch?v=58i9XTkQOss&t=3s>

# Vibrationsskador

- 400 000 personer i Sverige utsätts dagligen mer än två timmar

Skador på:

- Kärl
- Nerver
- Muskel/skelett

Ger upphov till:

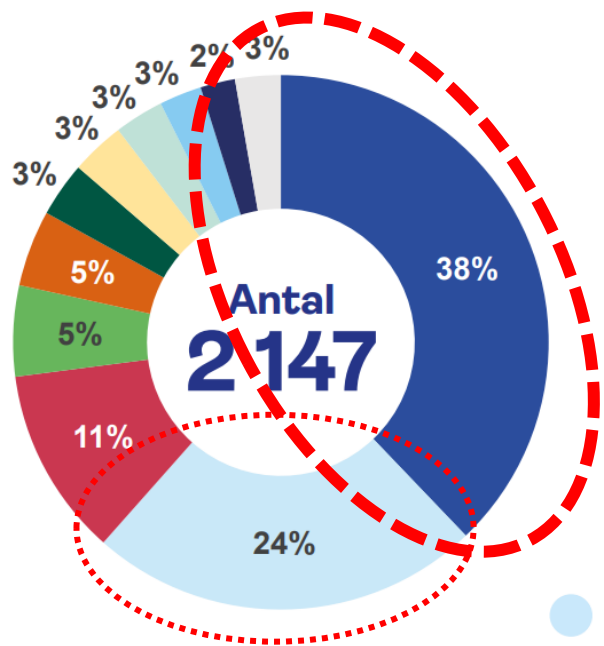
- Smärta/stickningar
- Nedsatt finmotorik
- Nedsatt temperaturkänslighet
- Nedsatt muskelkontroll

Leder till:

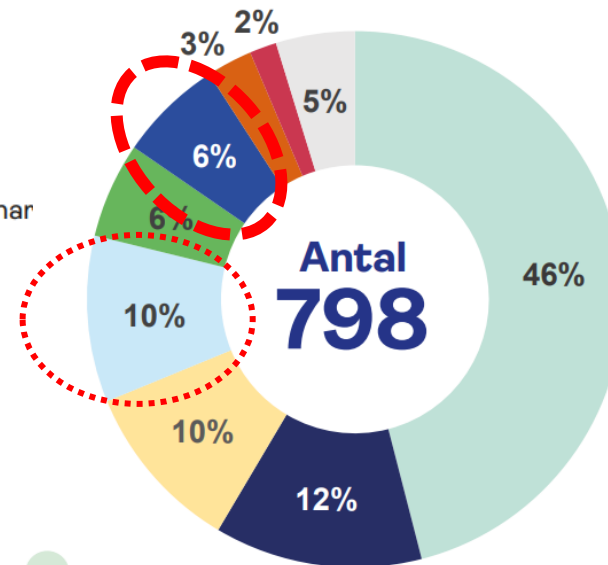
- Personligt lidande
- Omplaceringar
- Sjukskrivning



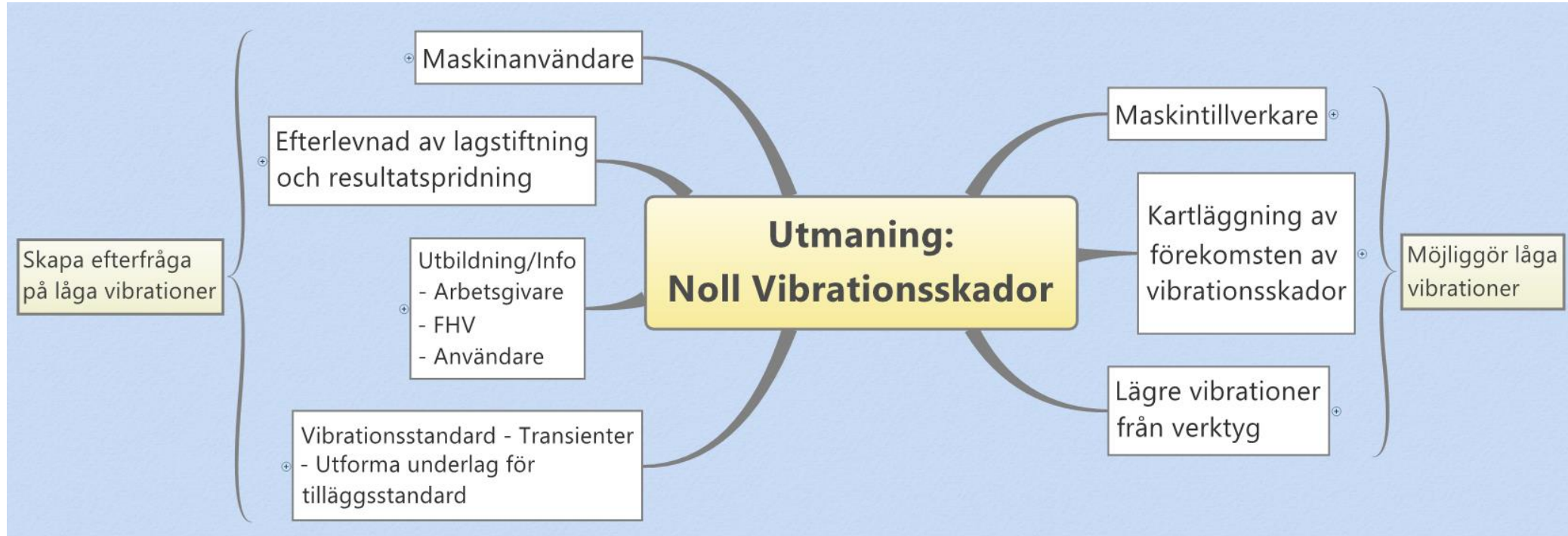
# Godkända arbetssjukdomar (2017-2021) - Afa Försäkring Skadestatistik 2023



- Effekter av vibration
- Karpaltunnelsyndrom
- Buller, hörselnedsättning, tinnitus
- Skelettets och rörelseorganens sjukdomar
- Andningsorganens sjukdomar
- Övriga sjukdomar i nervsystemet
- Hudens sjukdomar
- Covid-19
- Tumörsjukdomar
- Psykiska sjukdomar och syndrom
- Övriga diagnoser



# Angreppssätt



# Ett holistiskt angreppssätt - projektmedlemmar och referensgrupp

## Maskintillverkare



## Maskin användare



FUTURUMKLINIKEN  
Bridging Innovation & Research



## Forskare



GÖTEBORGS  
UNIVERSITET



LUND  
UNIVERSITY



MALMÖ  
UNIVERSITET

## Företagshälsovård



FALCK

feelgood

## Lagstiftning



ARBETSMILJÖ  
VERKET

## Arbetsmarknadens parter

TRANSPORTFÖRETAGEN



Teknikföretagen



BYGGNADS



IFMETALL



# Noll Vibrationsskador - Tre steg i projektet

## 1. Det kan göras på labb!

Representativa **prototypmaskiner** har designats om och testats i labb.

## 2. Det kan göras i verklig produktion!

Lösningarna från steg ett har skalats upp och satts in i industriell produktion i de relevanta områdena, det vill säga **demonstratorer**.

## 3. Få det att hända!

De utvecklade lösningarna kommer att implementeras för projektdeltagarna, vilket leder till **tillverkning av lågvibrationsmaskiner**, vilket resulterar i lägre vibrationsexponering och skador.

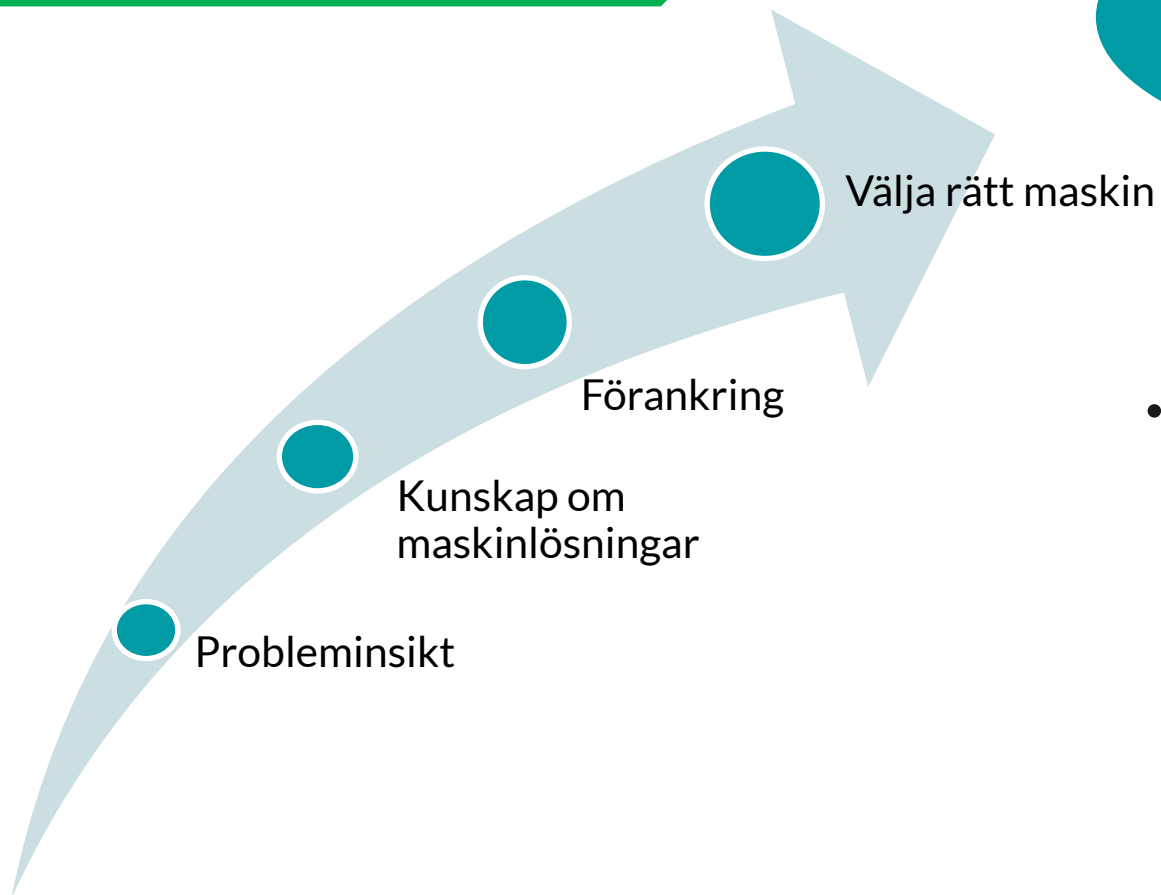
## Få det att hända

### Affärslösningar: från prototyp till maskiner tillgängliga på marknaden

- Ombyggnad av befintliga maskiner
- Försäljning av lågvibrerande maskiner och verktyg
- ATVA License Group marknadsföra och sälja licensrättigheter
- Försäljning av RVM10
- NollVibCentrum



# Kulturförändring



Vibrationsskadorna minskar genom att rätt maskiner efterfrågas och väljs

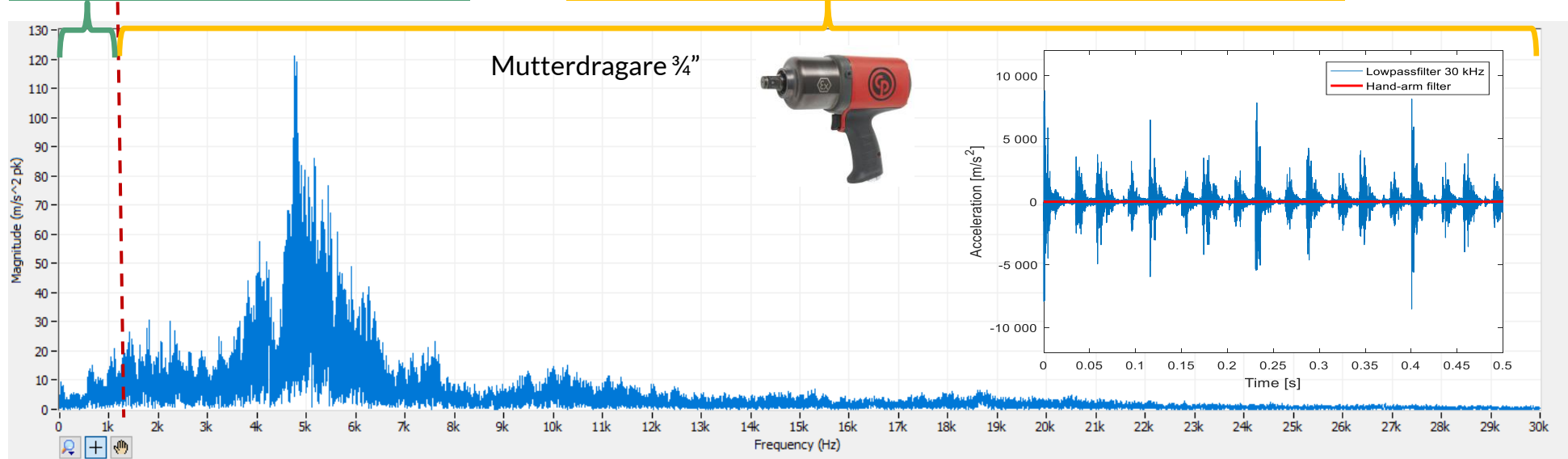
- Inköbspolicy etablerad hos projektdeltagare

# Vibrationer: ISO 5349-1 vs. ultravibrationer

- < 1250 Hz = ISO-vibrationer → Påvisad skadlighet. Regleras av lagstiftning → **OK**
- > 1250 Hz = Högfrekventa vibrationer (ultravibrationer) → Påvisad skadlighet → Tillägsstandard behövs för lagstiftning → **Försiktighetsprincipen till dess**

< 1250 Hz  
Regleras av ISO 5349-1

> 1250 Hz (högfrekventa, ultravibrationer)  
Försiktighetsprincipen



# Poängmetod och vibrationskalkylator

- Koll på daglig vibrationsexponering
- Insatsvärde respektive gränsvärde
- Vibrationskalkylatorn

Vibrationsvärde,  $a_{hv}$ , m/s<sup>2</sup>

40	267	800	1600	3200	6400	9600	12800	16000	19200	25600	32000
30	150	450	900	1800	3600	5400	7200	9000	10800	14400	18000
25	104	313	625	1250	2500	3750	5000	6250	7500	10000	12500
20	67	200	400	800	1600	2400	3200	4000	4800	6400	8000
19	60	181	361	722	1444	2166	2888	3610	4332	5776	7220
18	54	162	324	648	1296	1944	2592	3240	3888	5184	6480
17	48	145	289	578	1156	1734	2312	2890	3468	4624	5780
16	43	128	256	512	1024	1536	2048	2560	3072	4096	5120
15	38	113	225	450	900	1350	1800	2250	2700	3600	4500
14	33	98	196	392	784	1176	1568	1960	2352	3136	3920
13	28	85	169	338	676	1014	1352	1690	2028	2704	3380
12	24	72	144	288	576	864	1152	1440	1728	2304	2880
11	20	61	121	242	484	726	968	1210	1452	1936	2420
10	17	50	100	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000
9	14	41	81	162	324	486	648	810	972	1296	1620
8	11	32	64	128	256	384	512	640	768	1024	1280
7	8	25	49	98	196	294	392	490	588	784	980
6	6	18	36	72	144	216	288	360	432	576	720
5,5	5	15	30	61	121	182	242	303	363	484	605
5	4	13	25	50	100	150	200	250	300	400	500
4,5	3	10	20	41	81	122	162	203	243	324	405
4	3	8	16	32	64	96	128	160	192	256	320
3,5	2	6	12	25	49	74	98	123	147	196	245
3	2	5	9	18	36	54	72	90	108	144	180
2,5	1	3	6	13	25	38	50	63	75	100	125
2	1	2	4	8	16	24	32	40	48	64	80
	5 min	15 min	30 min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h

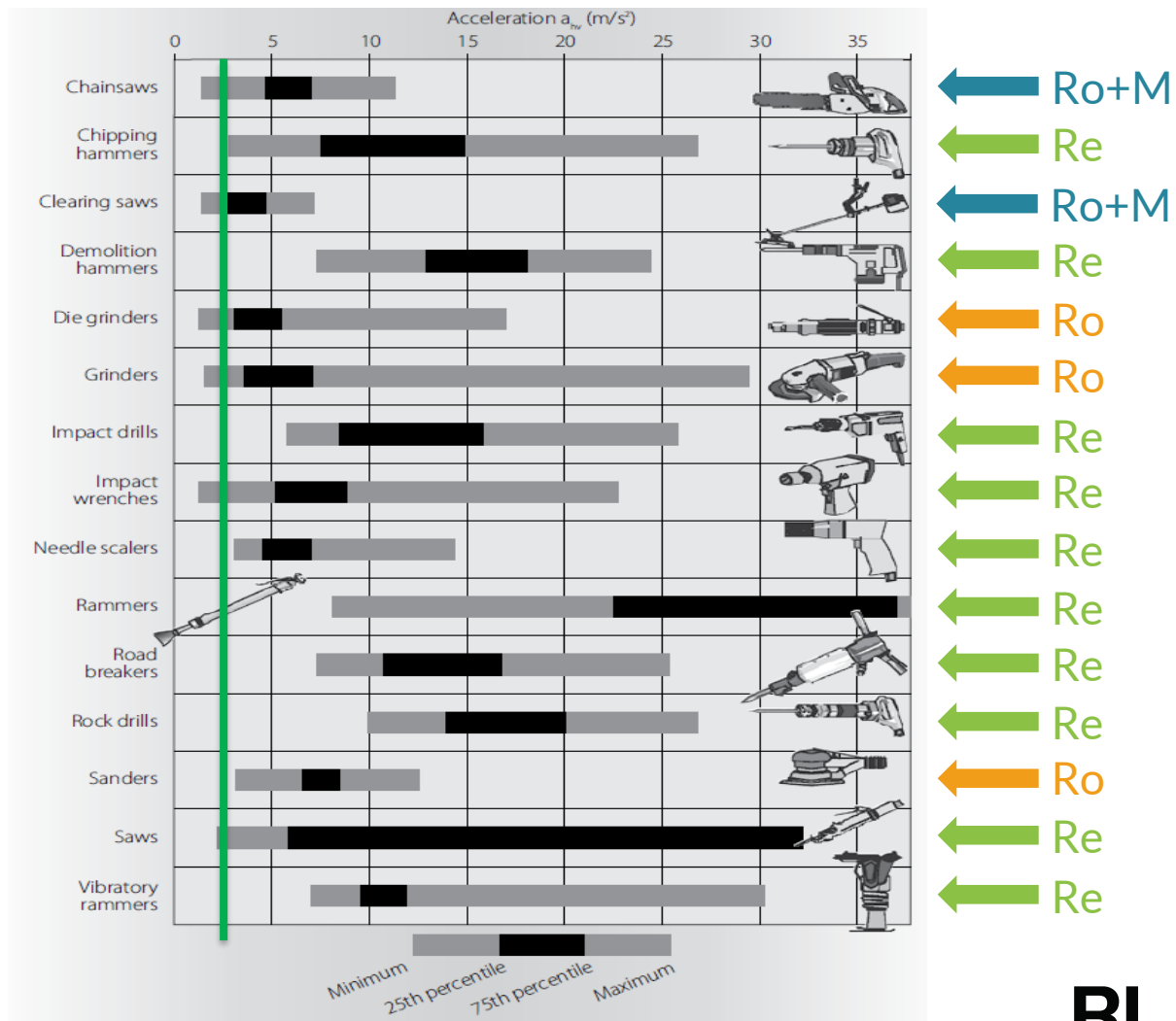
Exponeringstid,  $T$

# Vibrationer hos maskiner

Re = reciperande/slående vibrationer

Ro = roterande vibrationer

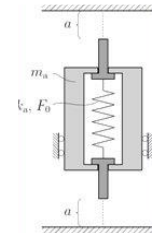
Ro+M = roterande med obalanser från en motor



# Metoder att reducera vibrationer i maskiner



Slående vibrationer:  
Auto Tuning Vibration Absorber (ATVA)

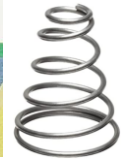


Roterande vibrationer:  
Balansringar



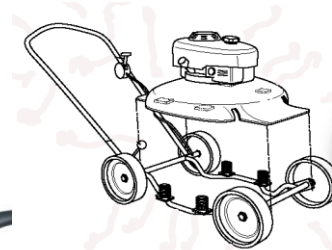
Traditionella tekniker

- Isolering
- Nya koncept
- Handskar



# Roterande och förbränningsmotordrivna maskiner

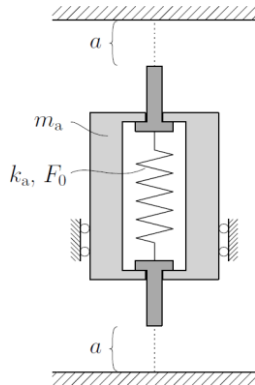
- Balansring eliminerar obalanser
- Välj rätt konstruktionskoncept





# ATVA-teknologin

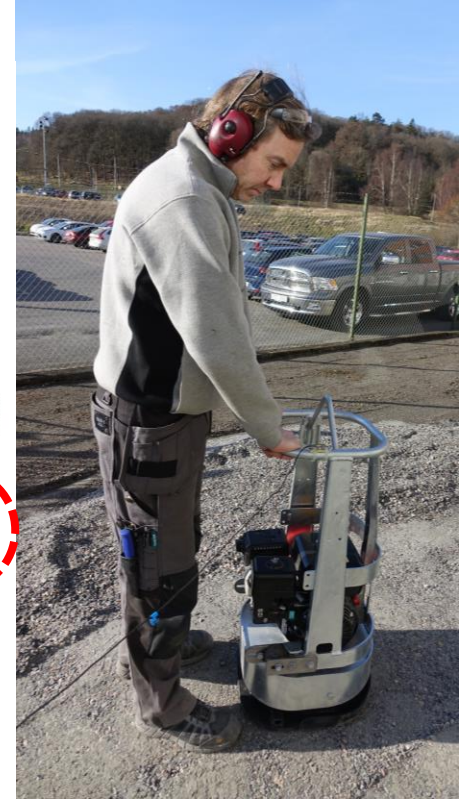
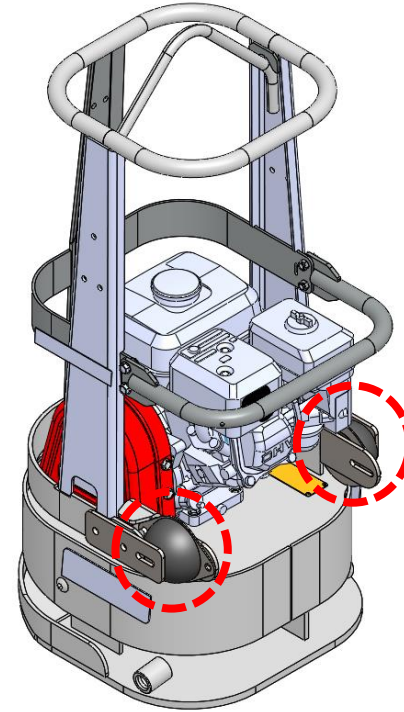
- Använder maskinens vibrationer till att skapa en motkraft



# **Exempel på ombyggda maskiner och verktyg**

# Rundpadda Swepac FR85

- Optimerad vibrationsisolering
- Vibrationer minskat från 11,1 till 5,5 m/s<sup>2</sup> ~50% vilket innebär en fyrdubbling av arbetstiden



# Mejselmaskin

## - stenindustrin

- Infört ATVA-dämpare
- Vibrationer minskat från 20 till 2,7 m/s<sup>2</sup> ~87%
- Andra förbättringar
  - Halverad vikt
  - Effektivare dammsug
  - Bättre ergonomi



# Pionjär bergborr - nytt handtag

## Före

- Vibrationer: 27 m/s<sup>2</sup>  
Tid till insatsvärde: 4 min



## Efter

- Nytt handtag: 11,2 m/s<sup>2</sup> = **58%**  
Tid till insatsvärde: 24 min
- Nytt handtag med extra vikt: 8,6 m/s<sup>2</sup> = **68%**  
Tid till insatsvärde: 40 min



# Stamp

## - stålindustrin

- Infört ATVA-dämpare och isolerande handtag
- Vibrationer minskat från 25-32 till 5-8 m/s<sup>2</sup> ~75-80%

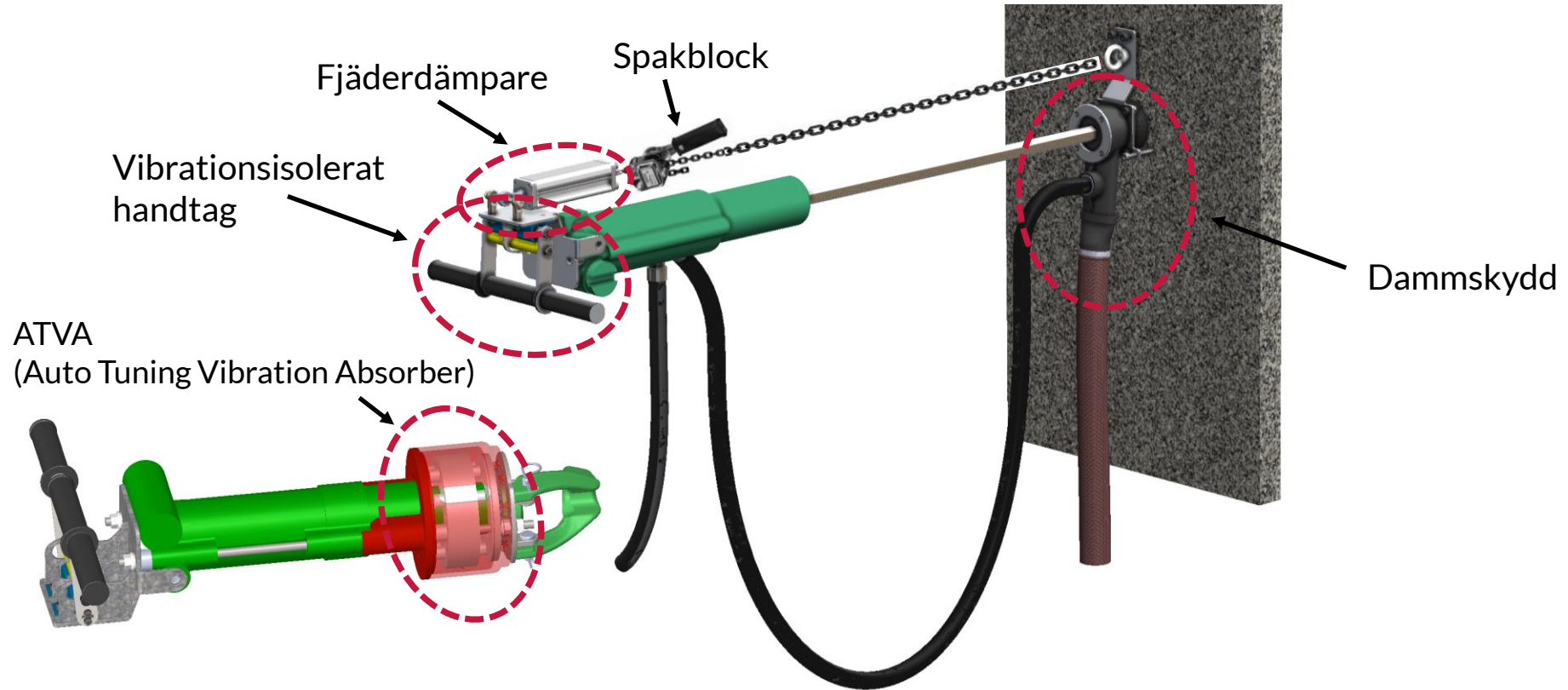


# Fjällsäkringsarbete i Norge



<https://www.youtube.com/watch?v=OgsV05Cepri&t=82s>

# Modifierad bergborr - Montabert T18





# Dammskydd



# Resultat

- Vibrationer spakblocket:  $42 \text{ m/s}^2 \rightarrow 7 \text{ m/s}^2 = 83 \%$
- Vibrationer maskinhandtaget:  $30 \text{ m/s}^2 \rightarrow 14 \text{ m/s}^2 = 50 \%$
- ATVA-dämpare: reducerar vibrationerna med ytterligare ca **50 %**
- Dammsug: Leder effektivt bort dammet från operatören
- Fortsättning i ett nytt projekt



# Vad missar ISO 5349-1 standarden?

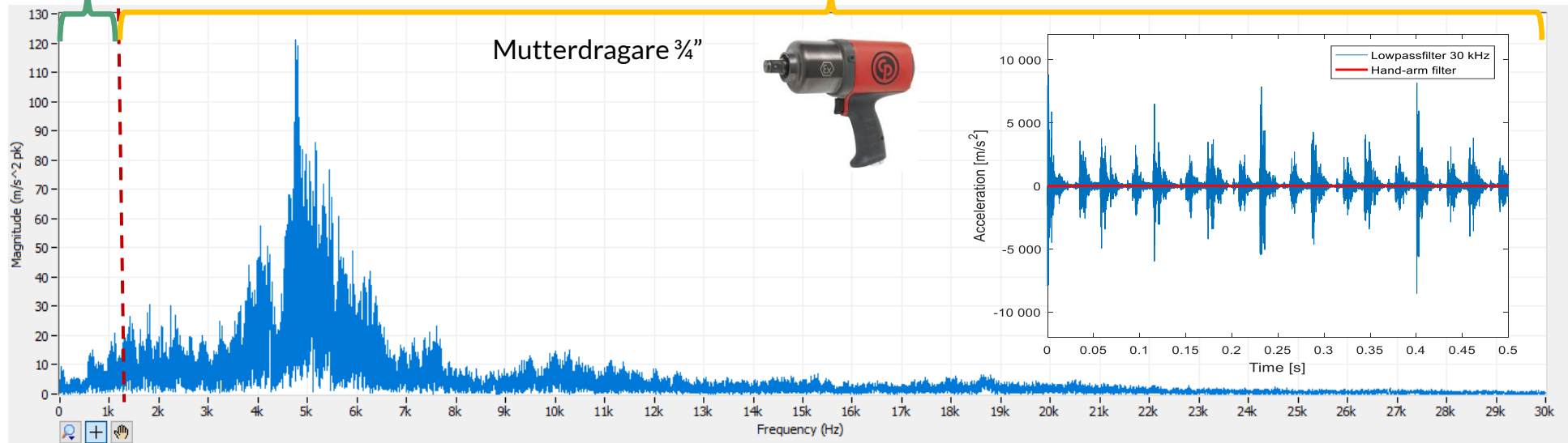
- Skador trots inom gränsvärdena för ISO 5349-1
- Stöt vibrationer hamnar utanför dagens standard
- Exempel på yrken där det förekommer upprepade stötar:
  - Bilmekaniker, när de använder olika slående handhållna maskiner och verktyg
  - Bygg- och anläggningsarbetare, när de använder bilningsmaskiner och tigersågar
  - Plåtslagare
  - m. fl.

# Vibrationer: ISO 5349-1 vs. ultravibrationer

- < 1250 Hz = ISO-vibrationer → Påvisad skadlighet. Regleras av lagstiftning → **OK**
- > 1250 Hz = Högfrekventa vibrationer (ultravibrationer) → Påvisad skadlighet → Tillägsstandard behövs för lagstiftning → **Försiktighetsprincipen till dess**

< 1250 Hz  
Regleras av ISO 5349-1

> 1250 Hz (högfrekventa, ultravibrationer)  
Försiktighetsprincipen



# Dagens standard ISO 5349-1:2001

## 1 Scope

This part of ISO 5349 specifies general requirements for measuring and reporting hand-transmitted vibration exposure in three orthogonal axes. It defines a frequency weighting and band-limiting filters to allow uniform comparison of measurements. The values obtained can be used to predict adverse effects of hand-transmitted vibration over the frequency range covered by the octave bands from 8 Hz to 1 000 Hz.

This part of ISO 5349 is applicable to periodic and to random or non-periodic vibration. Provisionally, this part of ISO 5349 is also applicable to repeated shock type excitation (impact).

NOTE 1 The time dependency for human response to repeated shocks is not fully known. Application of this part of ISO 5349 for such vibration is to be made with caution.

This part of ISO 5349 provides guidance for the evaluation of hand-transmitted vibration exposure, specified in terms of a frequency-weighted vibration acceleration and daily exposure time. It does not define limits of safe vibration exposure.

Resolution from WG3 meeting in Vienna **1985**:

*WG3 will consider a revision to ISO 5349 at its next meeting on the subject of **high frequency and shock vibration**, provided more epidemiological data are available at that time.*

# Svensk lagstiftning AFS 2005:15

## Till 6 §

- b) I de fall då exponeringen domineras av eller innehåller kraftiga stötar är det viktigt att vara försiktig då mätmetoden i föreskrifterna kan medföra att risken för ohälsa och olycksfall vid stötar underskattas. Därför är det lämpligt att vid riskbedömning av exponering med stort stötinnehåll även utföra en specifik utredning för stötarna. I samband med helkroppsvibrationer kan det därför vara bra att även tillämpa svensk standard SS-ISO 2631-5.

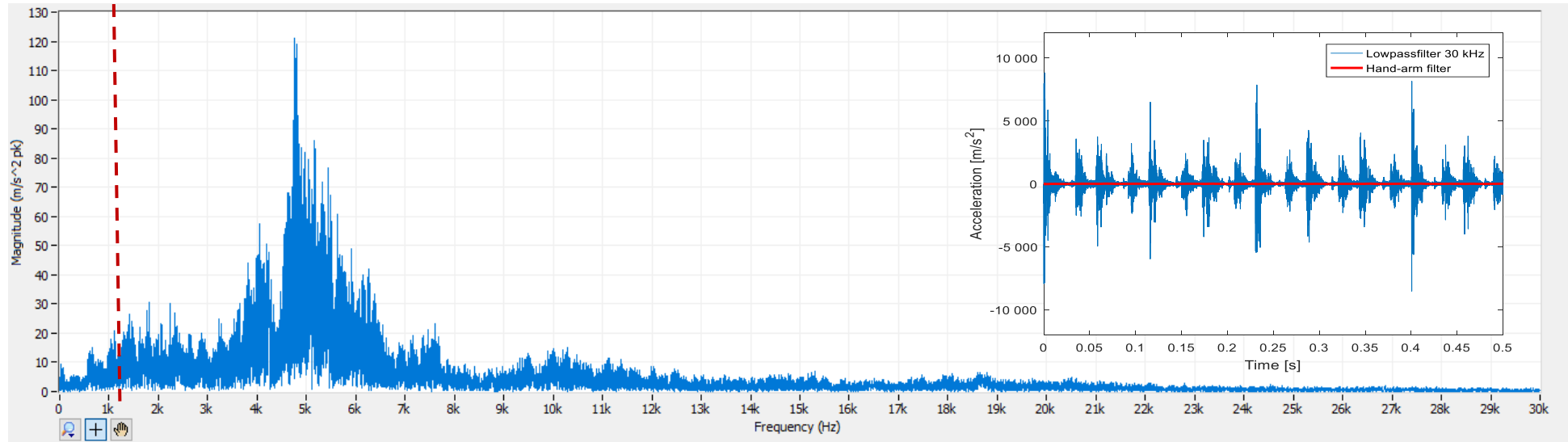


# Transienta vibrationer, stötar



- Problematiken:
  - definiera
  - kvantifiera
  - mäta

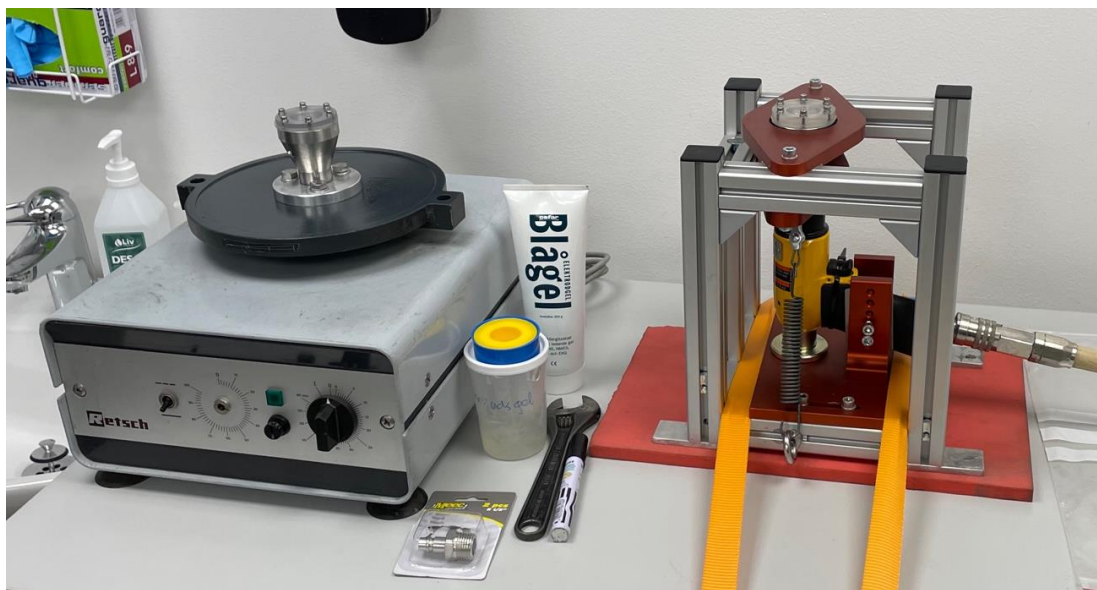
Transienta vibrationer (stötar) filtreras bort med dagens standard ISO 5349-1:2001!



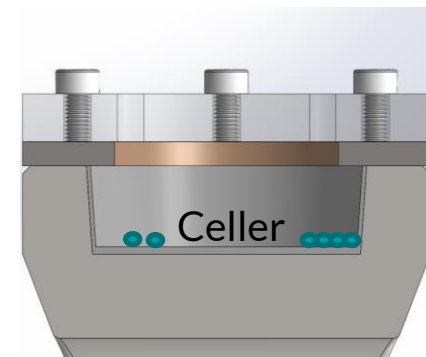
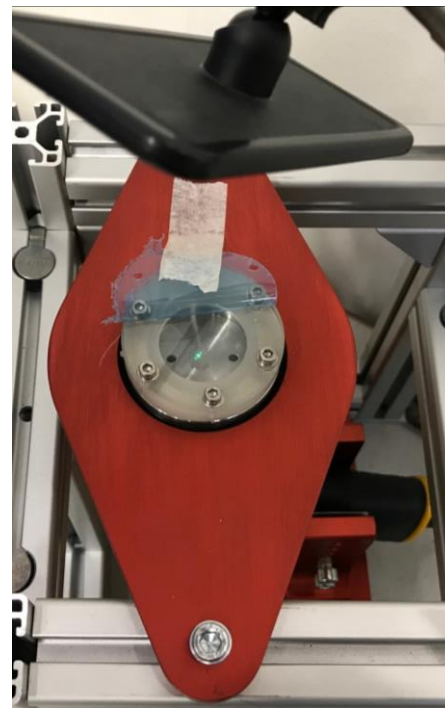
# Vibrationsriggar

## - ISO 5349-1 och högfrekvensvibrationer

ISO 5349-1 rigg  
50 Hz shaker



Högfrekvensrigg  
nithammare





# Fibroblastceller från möss i ISO- och högfrekvensriggar

Vibrations-  
exponering: 15 min

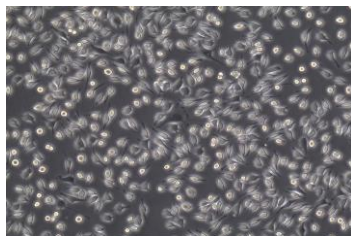
Före vibration

1 dag efter vibration

Kontrollgrupp

ISO 5349-1 = 0 m/s<sup>2</sup>

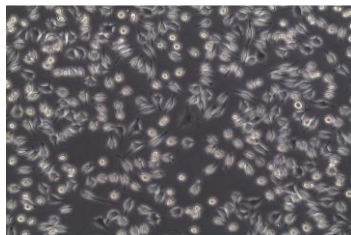
VPM\* = 0 m/s<sup>2</sup>



ISO 5349-1 rigg

ISO 5349-1 = 16,5 m/s<sup>2</sup>

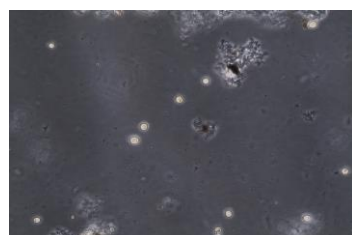
VPM\* = 170 m/s<sup>2</sup>



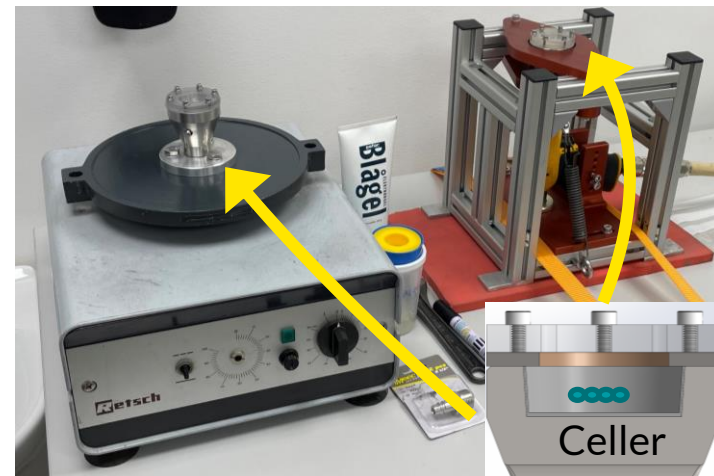
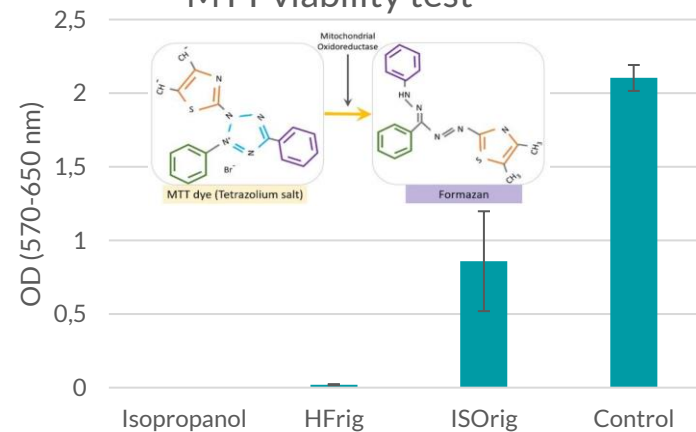
Högfrekvensrigg

ISO 5349-1 = 13,9 m/s<sup>2</sup>

VPM\* = 71 030 m/s<sup>2</sup>

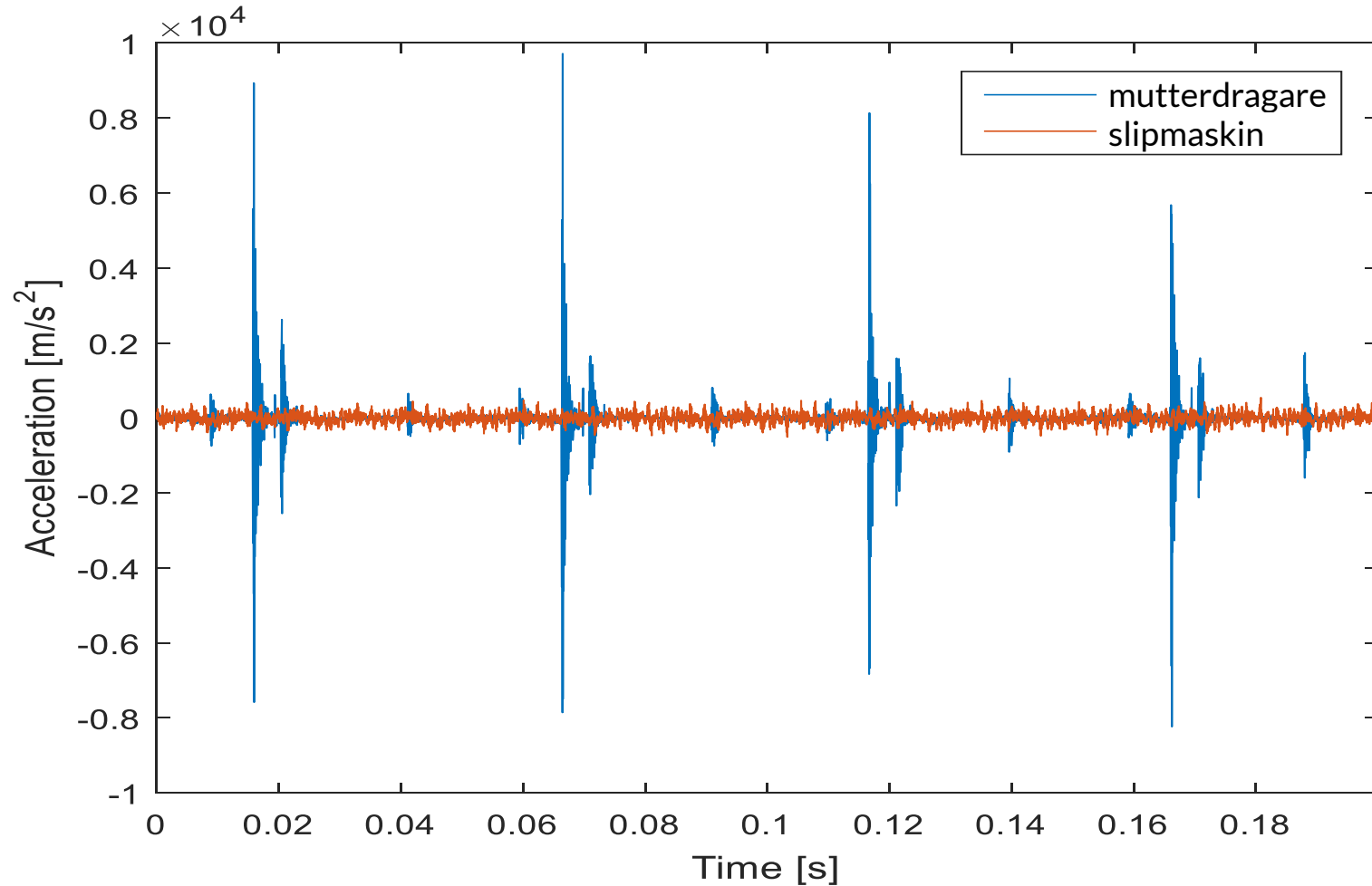


MTT viability test



\*VPM= Vibration Peak Magnitude, mätt upp till 100 kHz

# Jämförelse mutterdragare & slipmaskin



Slipmaskin  $5 \text{ m/s}^2$   
Mutterdragare:  $5 \text{ m/s}^2$



## INTERNATIONAL CONFERENCE ON HAND-ARM VIBRATION 2023

Sammanfattning av resultatet av workshoppen om stötvibrationer

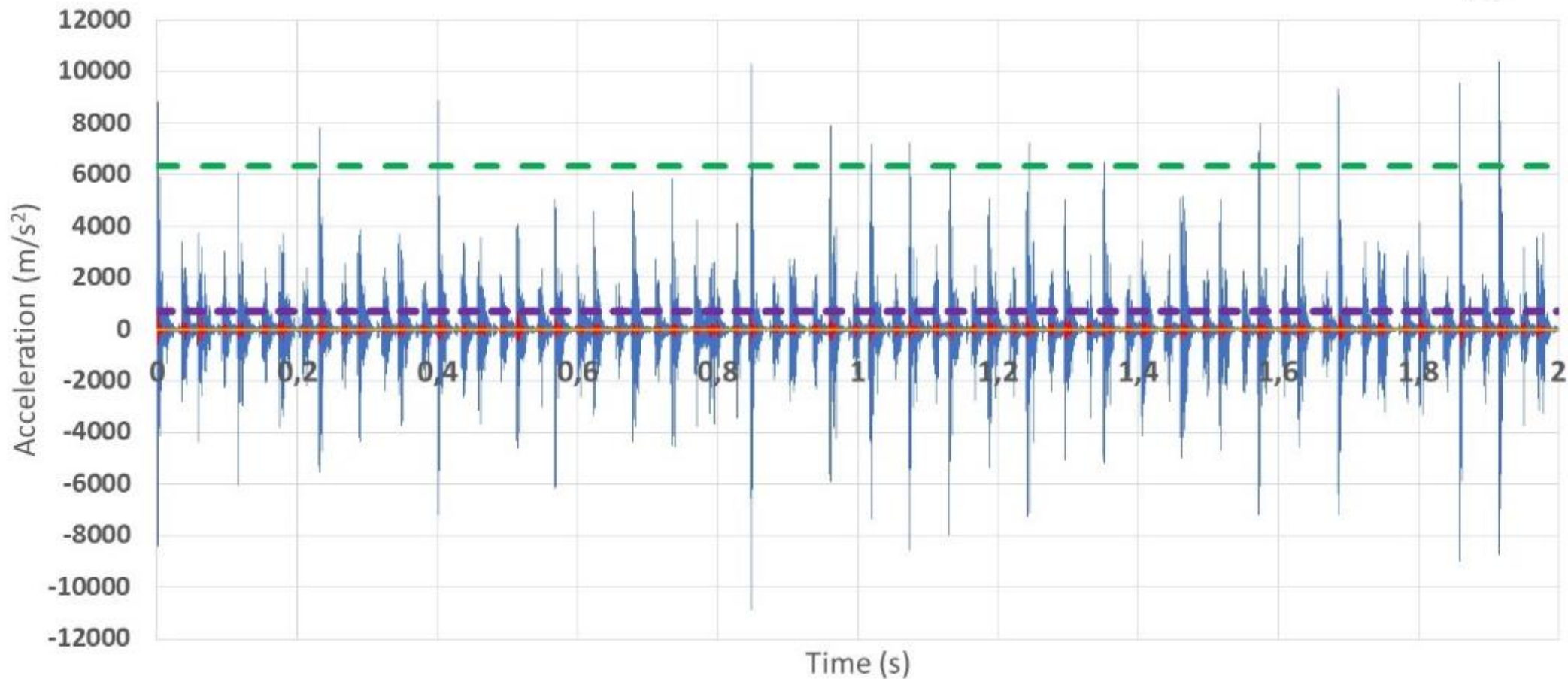
“Vid workshoppen ansåg en stor majoritet av deltagarna att **handöverförda stötar och högfrekventa vibrationer sannolikt utgör risker för vibrationsskador**, och att det därför finns ett behov av andra mätetal för att mäta dem. Det konstaterades att högfrekventa vibrationer är en viktig komponent i många HTS-källor (Hand Transmitted Shock), t. ex. mutterdragare, spikpistoler, nithammare etc., och **därför bör riskbedömning för vibrationer även inkludera högre vibrationsfrekvenser än i nuvarande standard, möjligen upp till 10 kHz.**”

# Brytfrekvensens betydelse

3/4" Pneumatic Impact wrench



— Acc. — VPM — RMS — Acc. Lowpass filtered 1250 Hz — Acc. ISO5349-1 filtered

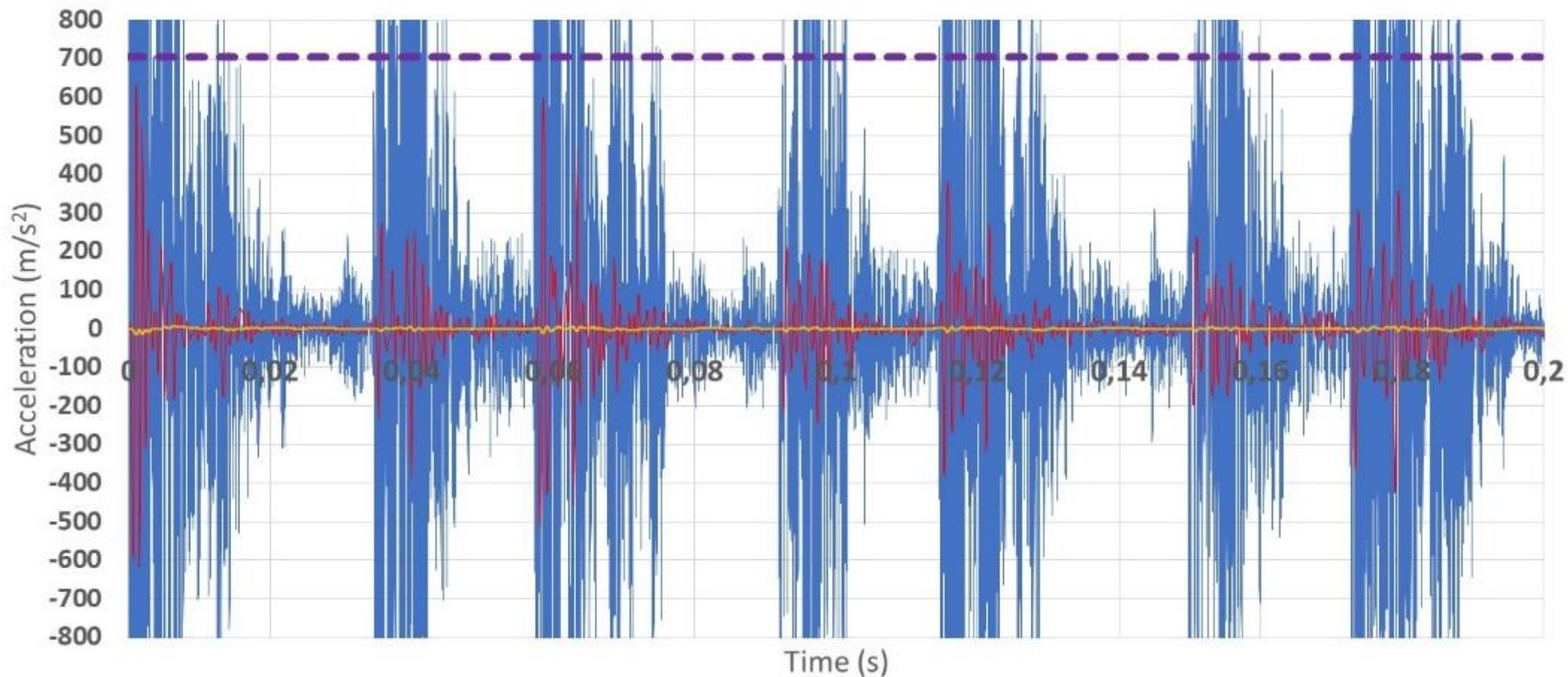


# Brytfrekvensens betydelse

3/4" Pneumatic Impact wrench



— Acc. VPM RMS Acc. Lowpass filtered 1250 Hz Acc. ISO5349-1 filtered



# Ur EUs nya maskinförordning!



Brussels, 21.4.2021  
COM(2021) 202 final

ANNEXES 1 to 11

ANNEXES

to the

Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council  
on machinery products

{SEC(2021) 165 final} - {SWD(2021) 82 final} - {SWD(2021) 83 final}

## 2.2.1.1. Instructions

The instructions shall give the following information concerning vibrations, expressed as acceleration ( $m/s^2$ ), and transmitted by portable handheld and hand-guided machinery:

(a) the vibration total value from continuous vibrations to which the hand-arm system is subjected;

(b) the mean value of the peak amplitude of the acceleration from repeated shock vibrations, to which the hand-arm system is subjected;

(c) the uncertainty of both measurements.

## 1.5.9. Vibrations

A machinery product shall be designed and constructed in such a way that risks resulting from vibrations produced by the machinery product are reduced to the lowest level, taking account of technical progress and the availability of means of reducing vibration, in particular at the source.

The level of vibration emission may be assessed with reference to comparative emission data for similar machinery products.

# Varför är Maskinförordningen viktig?

- Maskinförordning anger vilka grundläggande hälso- och säkerhetskrav som gäller för alla maskiner som släpps ut på marknaden inom EU.
- Kraven måste uppfyllas för att kunna CE märkas, t ex deklarerera vibrationer
- Maskintillverkarna skall även deklarerera stötvibrationerna från maskiner
- Ratificerad i juli 2023 och implementeras i januari 2027
- Regelverket baseras på CEN-standarder (EU) som i sin tur oftast är kopplade från ISO-standarder och tas fram av standardiseringskommittéerna



# Nästa steg gällande lagstiftningen

Ta fram standarder för att kunna hantera "peak acceleration"

- Arbetet bedrivs inom ISO/TC108/SC4/WG3 "Hand-arm vibration"
- Två parallella spår:
  - **ISO/TS/5349-3: "Isolated and repeated shock"**
    - Stannar vid 1250 Hz, som dagens standard
    - Nackdel: Fångar bara ca 5% av typisk energi från t ex mutterdragare. Missar att mäta stötarna.
    - Fördel: Kan använda befintlig mätutrustning
  - **ISO/TS/5349-4: "High frequency vibration and shock"**
    - Stannar vid 10 000 Hz
    - Fördel: Fångar ca 90 % av stötarna
    - Nackdel: Kräver uppgradering av mätsystemen



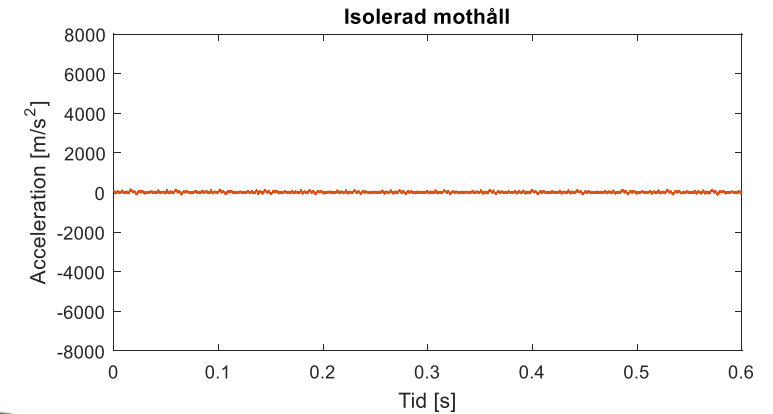
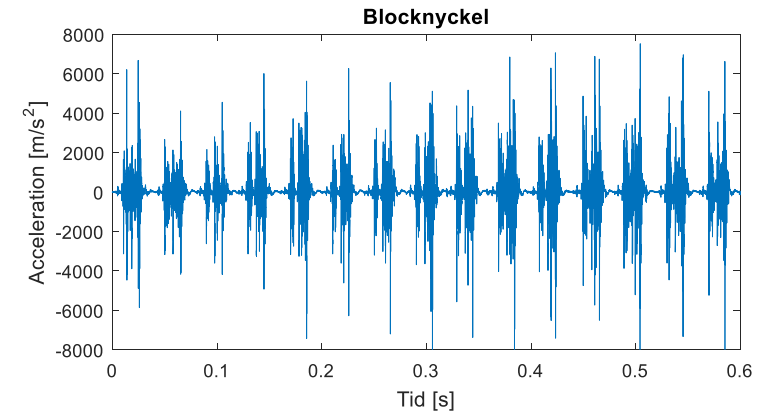
# Vibrationsisolerad mothållsnyckel

## - fordons- och monteringsindustrin

ISO 5349-1 reduktion:  $13 \rightarrow 6 \text{ m/s}^2 = 54\%$

Transient reduktion:  $8\,000 \rightarrow 150 \text{ m/s}^2 = 98\%$

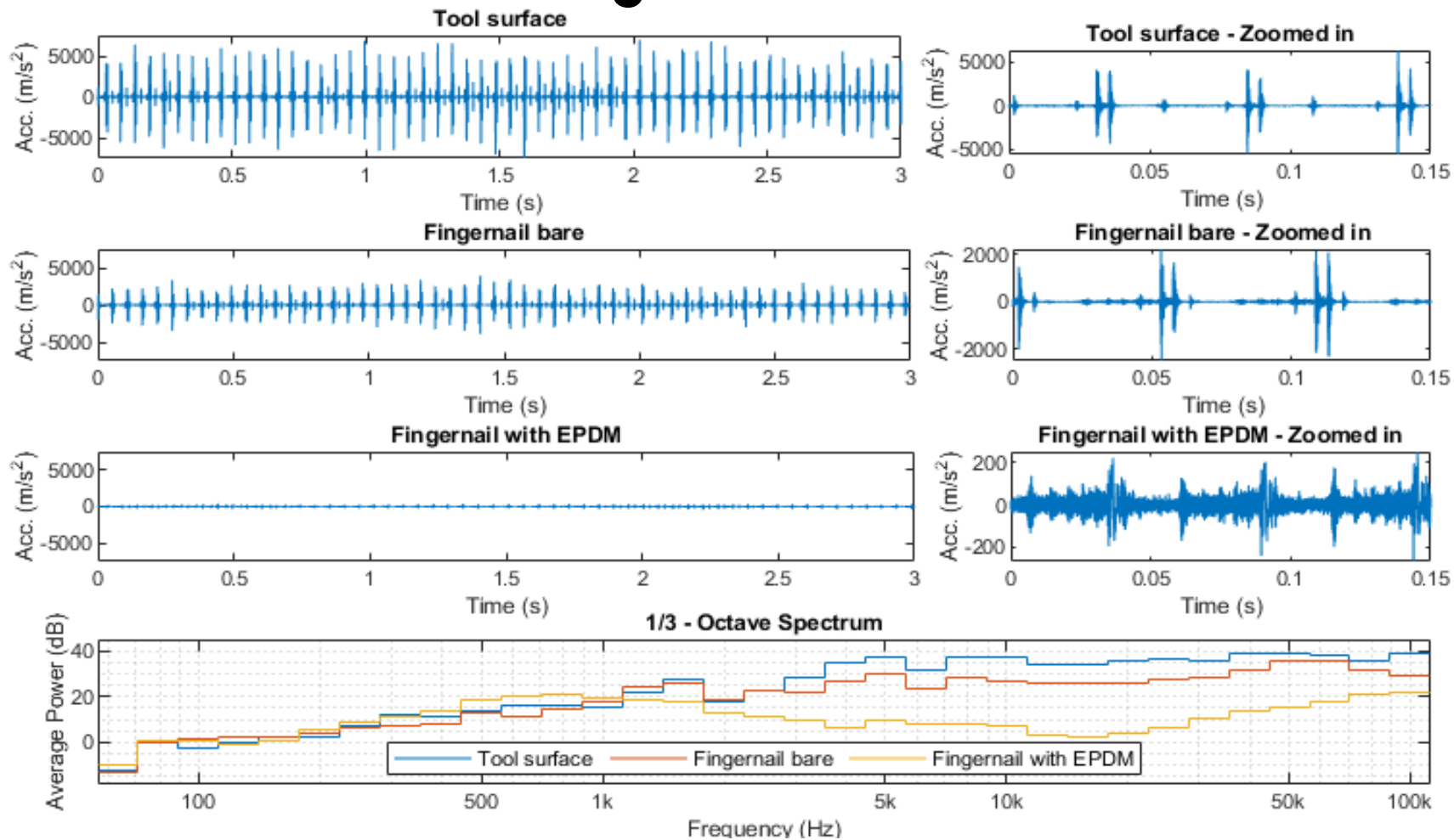
Serietillverkning



# Effekten i fingernagel med och utan vibrationsisolering



Mät punkt



# Vibrationsisolerande material



Skummat material



Skinn



Tejpade kanter och ändar



Materialet ska vara:

- starkt
- slittåligt
- tåla olja
- ha viss friktion
- osv...

Reducerar de högfrekventa vibrationerna 80-90%

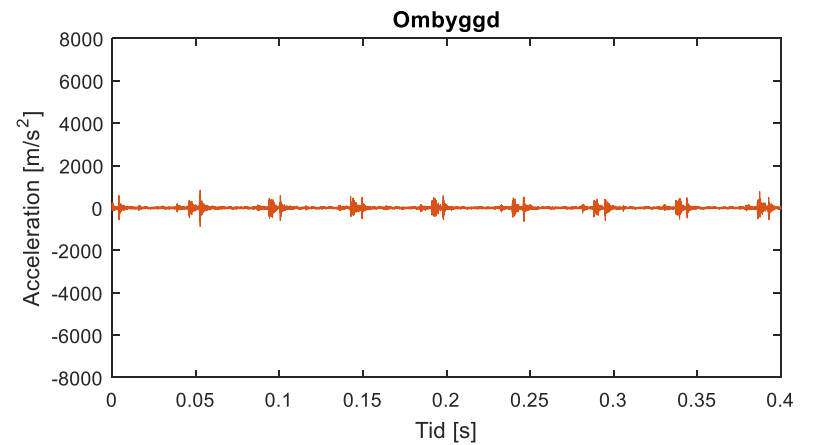
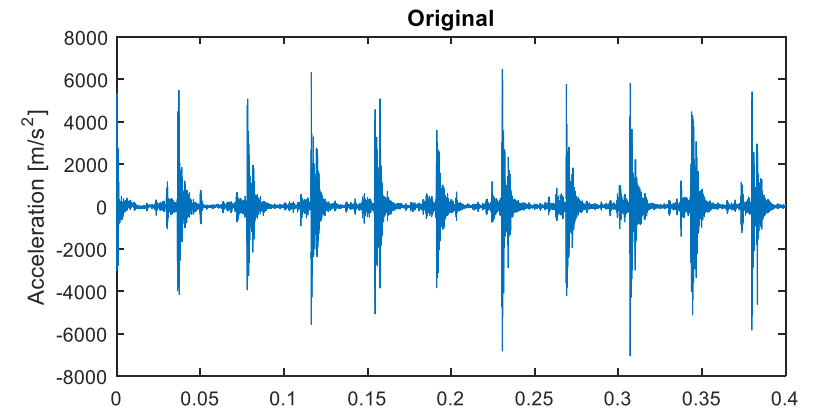
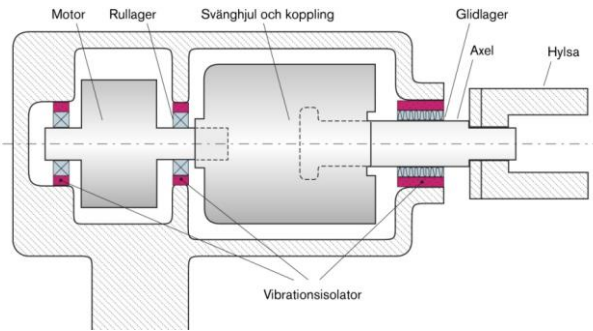
# Vibrationsisolerande material, Shockred



# Mutterdragare CP-734

ISO 5349-1 vibration: Likvärdig  $4,5 \text{ m/s}^2$

Transient reduktion:  $7\ 000 \rightarrow 800 \text{ m/s}^2 \sim 90\%$



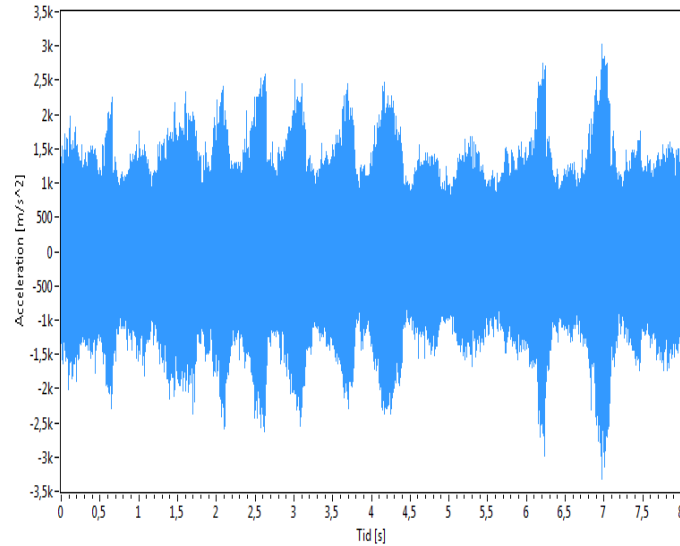
# Tandläkarborrar



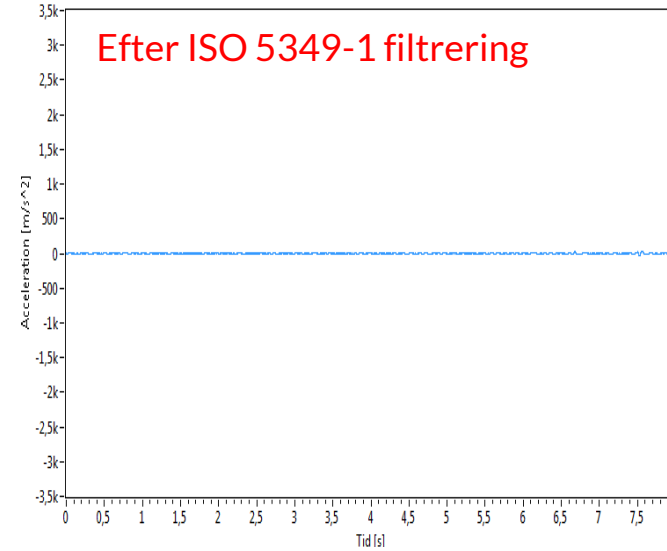
- "Vibrationsfria" enligt standarden, men väldigt högfrekventa:  
800 000 rpm → 13,3 kHz
- Bristande kunskap om skadeproblematiken

# Mätning på vinkelstycke, tandläkarborr

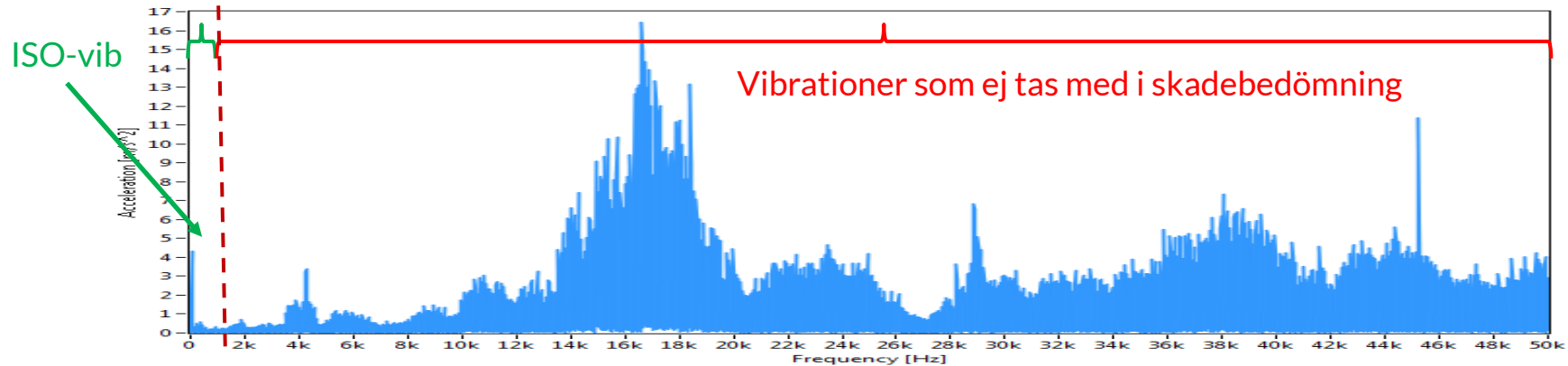
Tidsdata



Hand-arm filtrerad



Power spectrum



# Krav vid inköp



- Upphandling, Region Jönköpings län:
  - Ny mätmetod togs fram
  - Extra poäng vid upphandlingen
  - Övriga faktorer (kostnad, garanti, hur operatörerna upplevde dem, osv)



# Välkommen till NollVibCentrum!

*En mötesplats för minskade vibrationsskador*



**Målgrupp:** alla företag och parter som berörs av vibrationsskador i arbetslivet

**Ansvarig:** RISE

IF Metall är medlemmar

*Maskiner behöver inte vibrera och skada människor!*



# NollVibCentrum



- Nordiskt nätverk som samlar alla intressenter
- Seminarier, forskningsprojekt, omvärldsbevakning, m.m.
- Opinionsbildning
- I medlemskapet:
  - Vibrationsmätningar hos företag
  - Vibrationsmätningar på maskiner
  - Utveckling av lågvibrerande maskiner
  - Rabatt på hyra av mätinstrumentet RVM10
- Deltagande i ISO/TC 108/SC 4/WG 3 "Human exposure to mechanical vibration and shock, Hand-transmitted vibration"

# I medlemskapet



- Webbplats
  - Nyheter
  - Kalender
  - Länkar, nationell och internationella, våra senaste filmer m. m.
  - Information om forskningsprojekt och -resultat
- Medlemsavgift: 9 500 kr
  - Ska täcka arbetet med nätverket och seminariedagarna
  - Rabatt för forskningsutförare
- Gemensamt åtagande!

**Maskiner behöver inte vibrera  
och skada människor!**



## **Tack för uppmärksamheten**

Frågor?

Hans Lindell, RISE  
hans.lindell@ri.se  
0707-80 60 02

Carolina Pettersson, RISE  
carolina.pettersson@ri.se  
010-228 4737