

# NUOVI CRITERI PER LA VALUTAZIONE DEI RISCHI DA VIBRAZIONI MANO-BRACCIO E SHOCK MECCANICI AL CORPO INTERO

Massimo Bovenzi

Unità Clinica Operativa di Medicina del Lavoro

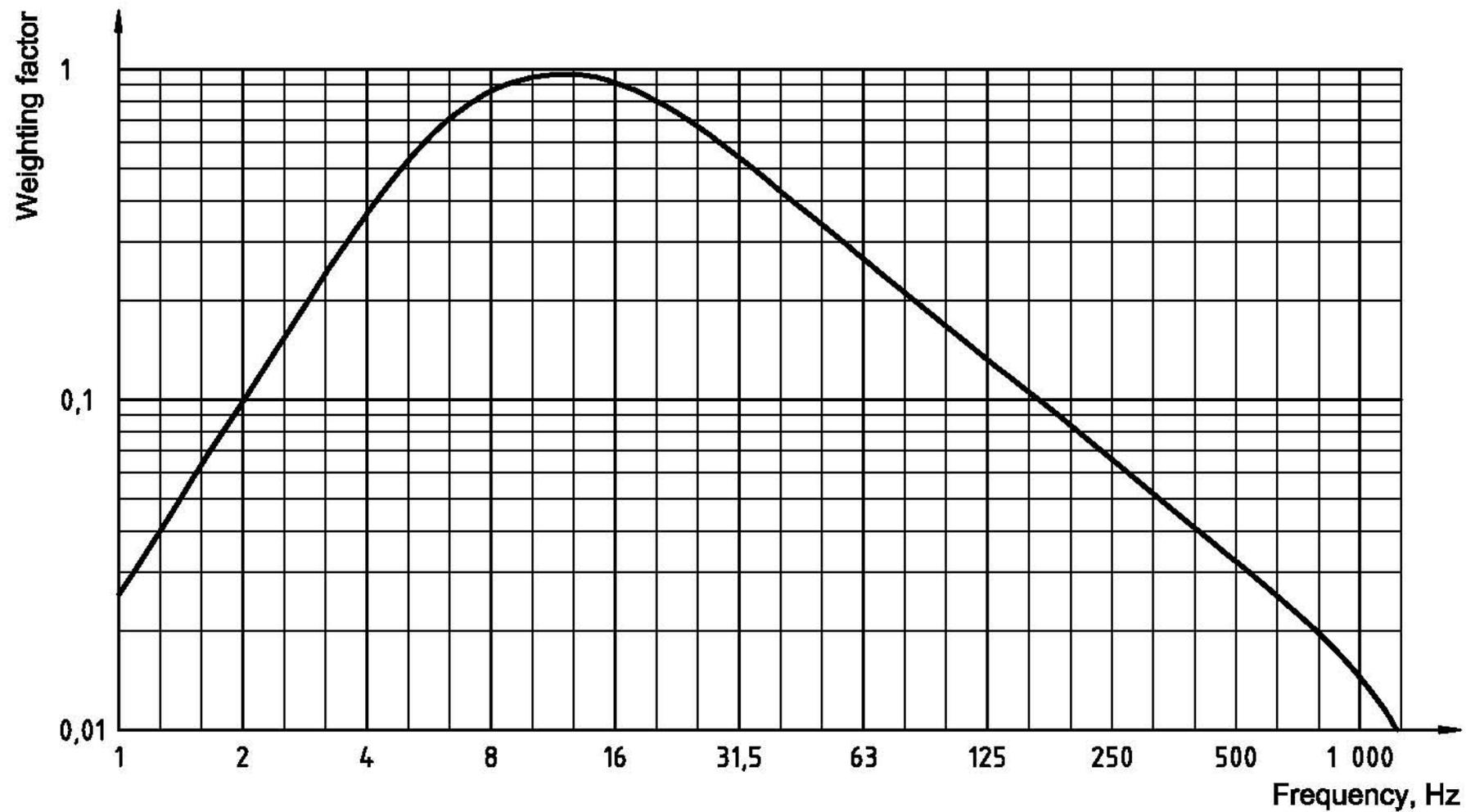
Dipartimento di Scienze Mediche,

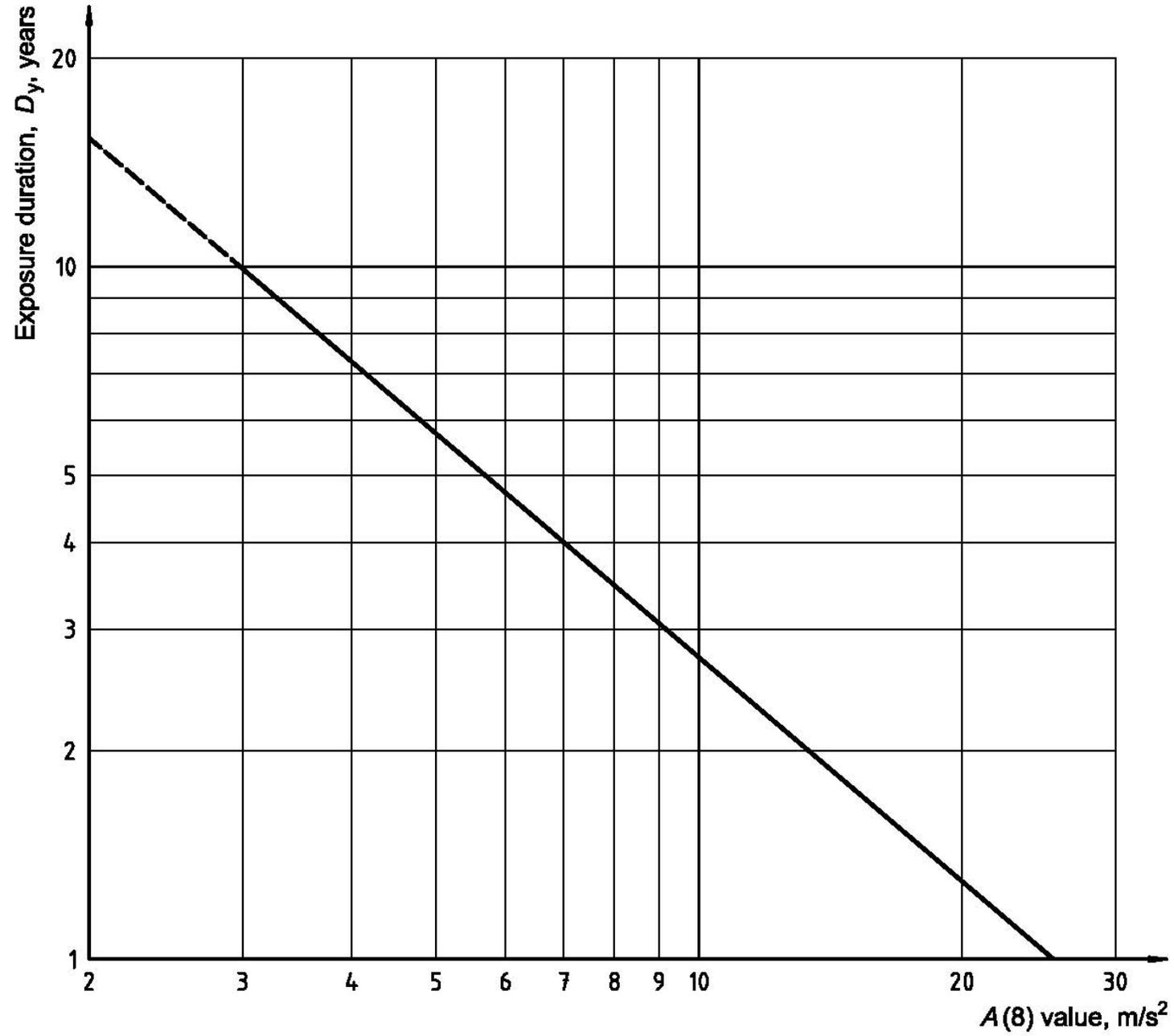
Chirurgiche e della Salute

Università degli Studi di Trieste

## Report e Standard ISO

- ISO/TR 18570:2017 (rischio vascolare da HTV)
- ISO/DIS 2631-5:2017 (forze intraspinali lombari)





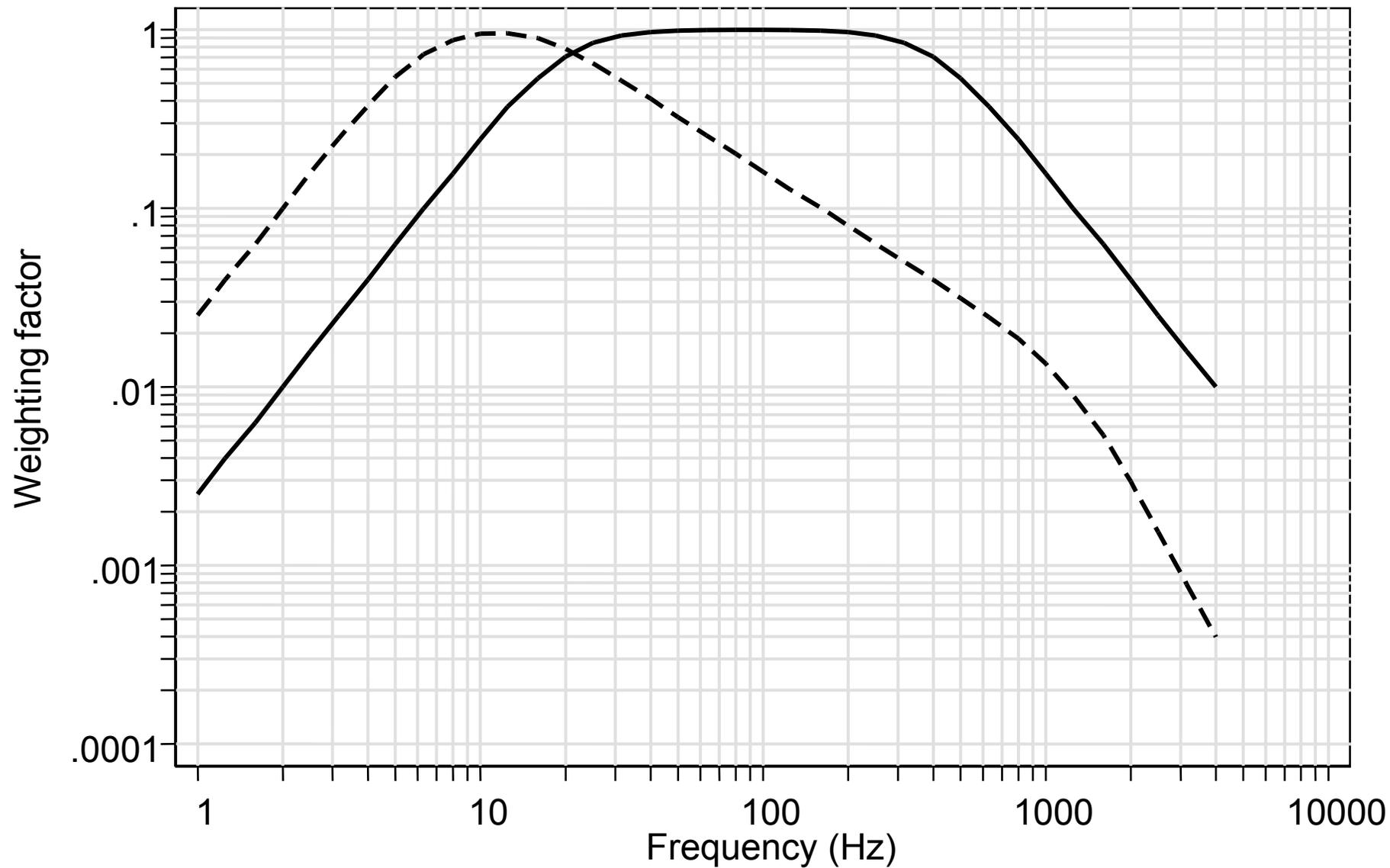


## Evidenze sperimentali ed epidemiologiche

Studi biodinamici, fisiopatologici ed epidemiologici hanno evidenziato che la relazione esposizione-risposta inclusa nello standard ISO 5349-1 per le vibrazioni mano-braccio non è predittiva in modo soddisfacente del rischio vascolare nei lavoratori esposti.

## Confronto tra occorrenza osservata e attesa per VWF in accordo con la relazione ISO 5349-1:2001

Studi (n)	Predizione per VWF (ISO 5349-1)	Utensili
11	Sovrastima	Utensili percussori (martelli, scalpelli) motoseghe
3	Buon accordo	Motoseghe, Smerigliatrici
7	Sottostima	Motoseghe, utensili rotatori, rivettatori



-----  $W_h$  ISO 5349-1      ———  $W_p$  ISO/TR 18570

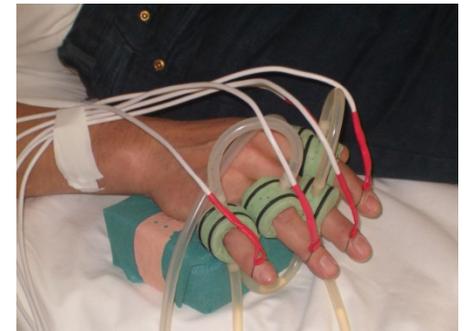
# Coorte VIBRISKS

- 249 lavoratori esposti a HTV (215 forestali e 34 lavoratori dei lapidei) con follow up di 2 – 4 anni
- Storia clinica suggestiva per fenomeno di Raynaud

- Somministrazione di foto

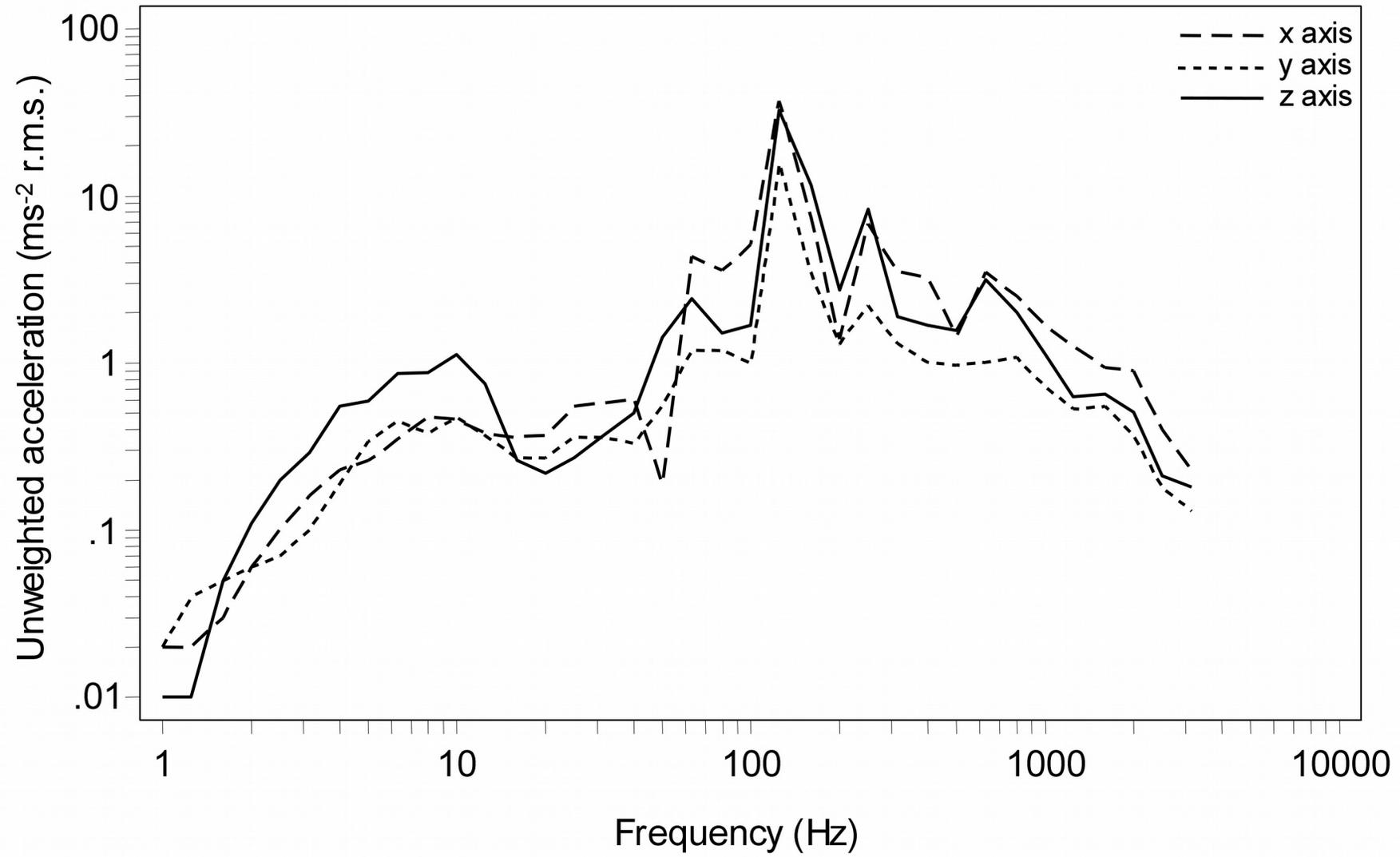


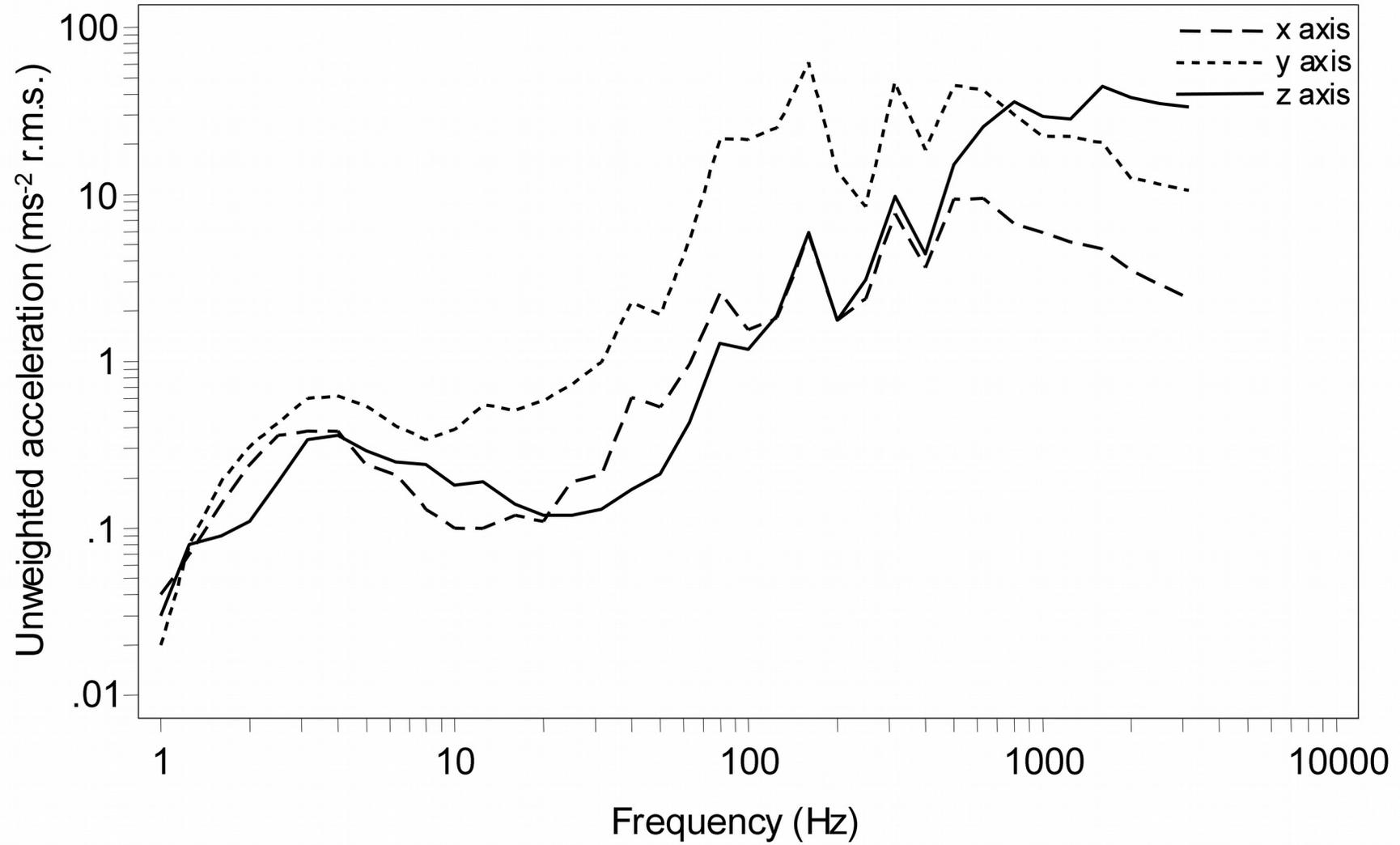
- Pressioni arteriose digitali dopo cold test a 10°C

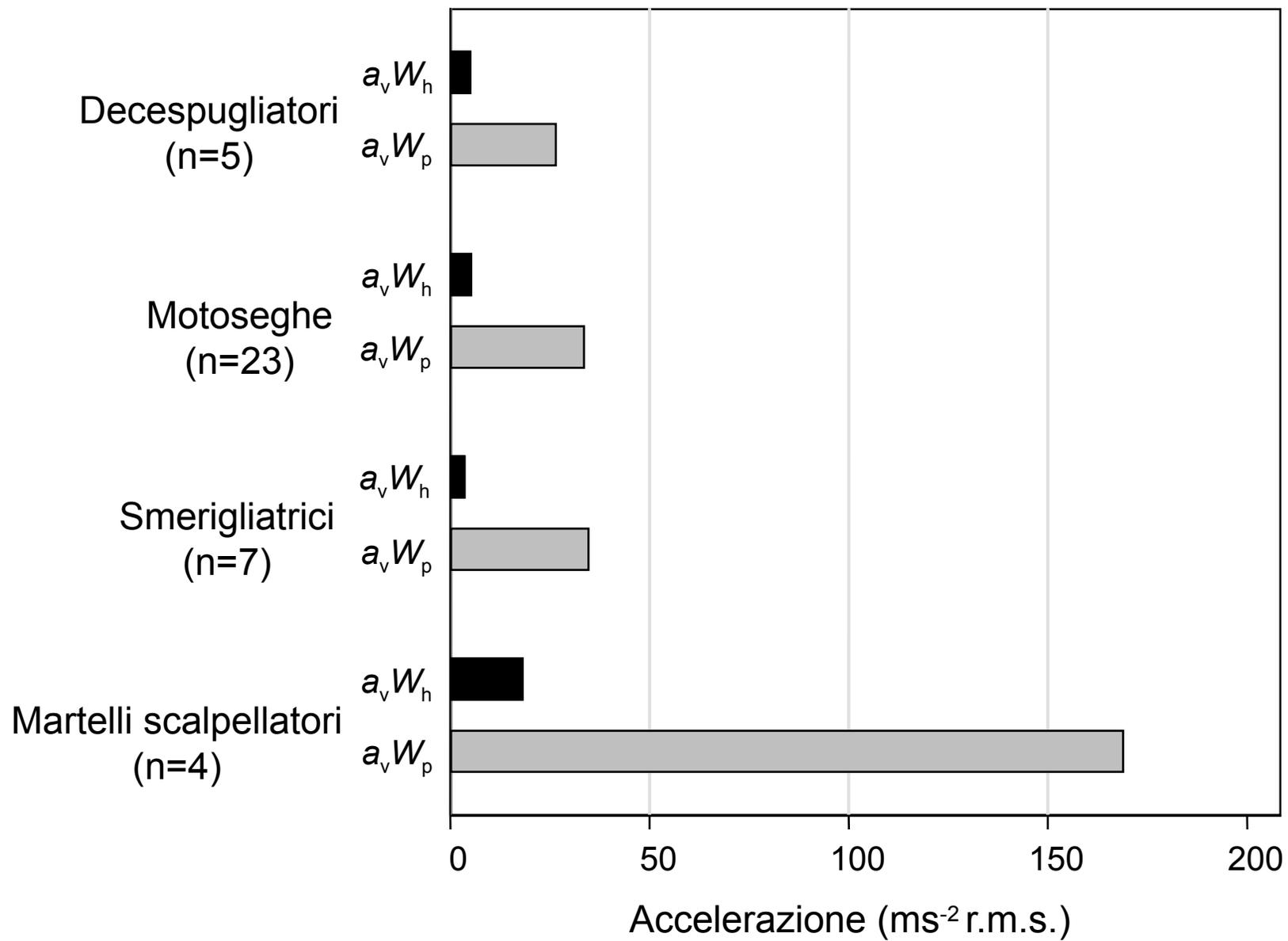


# Misura delle vibrazioni

- Vibrazioni misurate lungo i tre assi (x, y, z) in accordo con lo standard ISO 5349-1
- Accelerazione r.m.s. pesata con la curva convenzionale ISO 5349-1 ( $W_h$ ) e con la curva ISO/TR 18570 per il rischio vascolare ( $W_p$ )
- $a_v(W_{fi}) = [a_x^2(W_{fi}) + a_y^2(W_{fi}) + a_z^2(W_{fi})]^{1/2}$  (ms<sup>-2</sup> rms)







# Valutazione dell'esposizione a vibrazioni

$$A(8)_{(W_f)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_{vi(W_f)}^2 \frac{T_i}{T_0}} \quad (ms^{-2} \text{ r.m.s.})$$

$$E_{p,d} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_{pvi})^2 T_i} \quad (ms^{-1.5})$$

# Caratteristiche delle popolazioni studiate

	Lavoratori forestali (n=215)	Lavoratori dei lapidei (n=34)
Età (anni)	42.8 (34.6 – 48.2)	37.2 (30.9 – 43.2)
$A_h(8)$ ( $\text{ms}^{-2}$ r.m.s.)	3.5 (2.5 – 4.8)	6.7 (5.4 – 15.8)*
$A_p(8)$ ( $\text{ms}^{-2}$ r.m.s.)	17.0 (12.3 – 26.0)	74.4 (62.9 – 152)*
$E_{p,d}$ ( $\text{ms}^{-1.5}$ )	2890 (2086 – 4408)	12633 (10678 – 25834)*
VWF (n)	16 (7.4%)	16 (47.1%)*

\* $p < 0.001$

# Relazione esposizione-risposta nella coorte

Fattori	$A_h(8)$ ( $\times 1 \text{ ms}^{-2}$ r.m.s.)	$A_p(8)$ ( $\times 10 \text{ ms}^{-2}$ r.m.s.)
	OR (IC 95%)	OR (IC 95)
$A_f(8)$	1.36 (1.24-1.48)	1.37 (1.24-1.51)
Durata esposizione (anni)	1.06 (1.01-1.12)	1.06 (1.01-1.12)
QIC	<b>559</b>	<b>540</b>
$\Delta$ QIC	19	

# Occorrenza osservata e predetta di VWF nei lavoratori esposti a HTV

Mansione	Occorrenza osservata di VWF (%)	Occorrenza predetta di VWF (%)	
		$A(8) W_h$	$A(8) W_p$
Lavoratori forestali	7.4	9.2	7.8
Lavoratori lapidei	47.1	36.9	44.9

## Valore soglia di $E_{p,d}$ per VWF (ISO/TR 18570)

- $E_{p,d} \approx 1750 \text{ ms}^{-1.5}$  [ $A_p(8) \approx 10.3 \text{ ms}^{-2}$  r.m.s.]
- 32 soggetti della coorte (13%) con  $E_{p,d} \leq 1750 \text{ ms}^{-1.5}$ :
  - ✓ Occorrenza osservata per VWF: 3.1%
  - ✓ Occorrenza predetta per VWF: 5.4%

# Conclusioni

- Le misure di esposizione giornaliera alle HTV costruite con la curva di ponderazione  $W_p$  ( $A_p(8)$  e  $E_{p,d}$  in accordo con ISO/TR 18570:2017), che danno maggior peso alle vibrazioni di media e alta frequenza, sembrano essere migliori predittori del rischio vascolare da HTV rispetto alla metrica convenzionale ISO calcolata con la curva  $W_h$  ( $A_h(8)$  in accordo con ISO 5349-1:2001).
- La misura delle HTV con la curva di ponderazione  $W_p$  potrebbe avere implicazioni per l'implementazione e la gestione dei DPI, ad esempio la scelta di guanti protettivi con efficaci proprietà anti-vibrazioni.

# Cautele

- La metodologia ISO/TR 18570 non si applica per la valutazione delle patologie neurologiche e muscolo-scheletriche da vibrazioni.
- La metodologia di valutazione del rischio vascolare da HTV suggerita da ISO/TR 18570 è di carattere supplementare, ovvero non sostituisce né abroga le raccomandazioni contenute nello standard ufficiale ISO 5349-1.

# ISO/CD 2631-5

## Esposizione a WBV con shock ripetuti

- In un Draft dello standard ISO/CD 2631-5 viene proposto un metodo per stimare le **forze intraspinali lombari** derivanti dall'esposizione a WBV con shock ripetuti
- La predizione della risposta lombare alle WBV viene stimata mediante modelli dinamici basati sul metodo degli elementi finiti (***dynamic Finite Element (FE) models***) anatomicamente adattati alle caratteristiche antropometriche e la postura dei lavoratori esposti a WBV

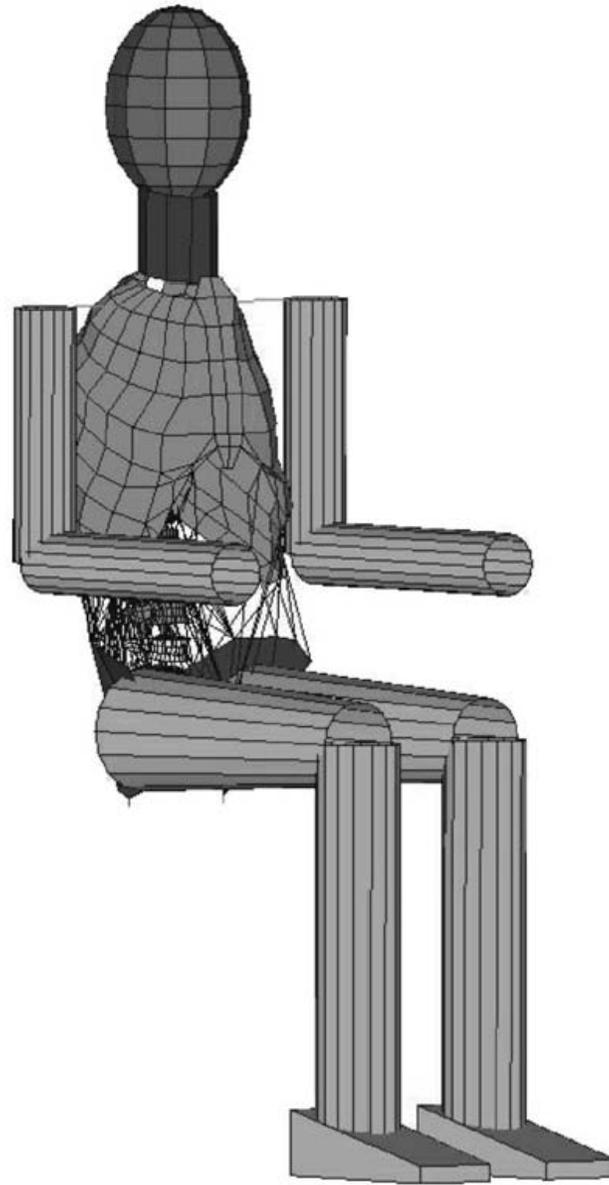
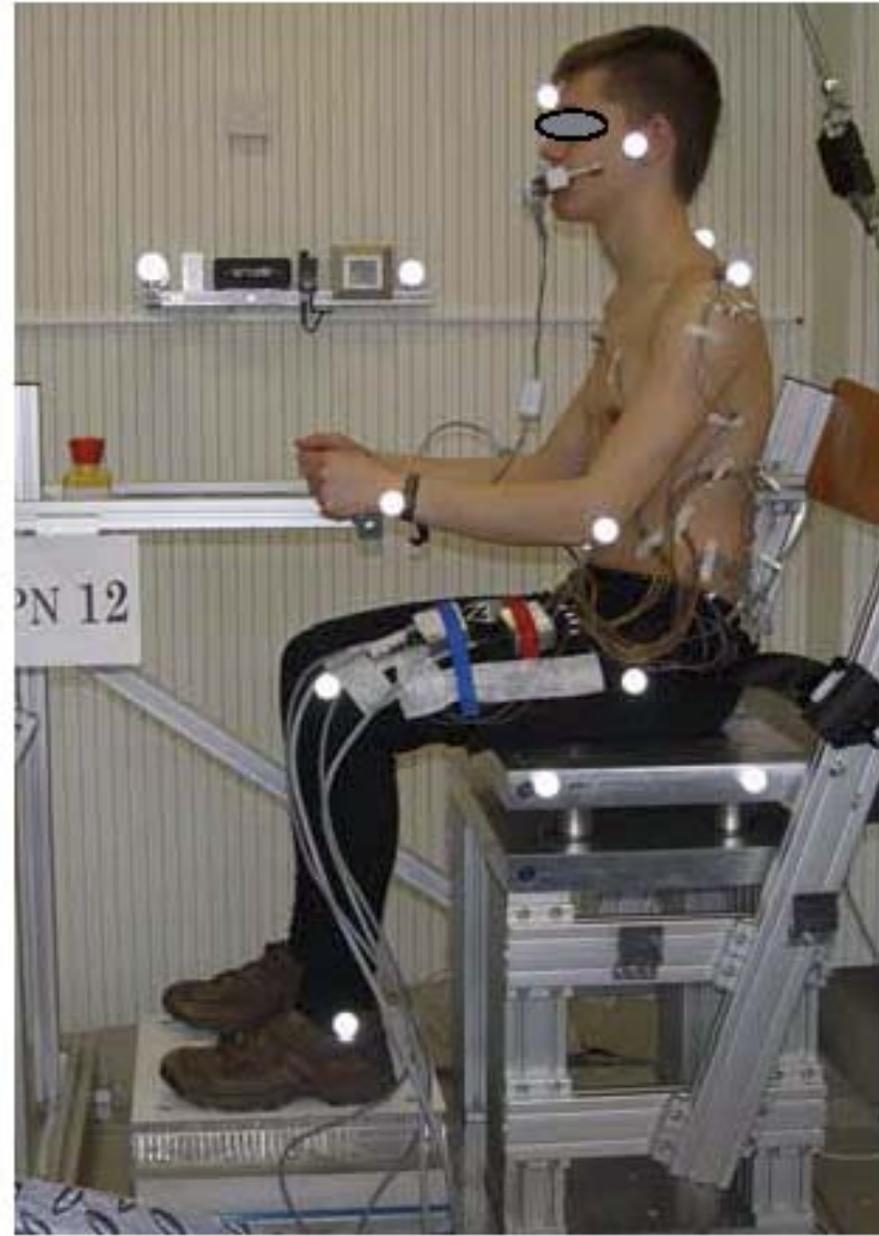
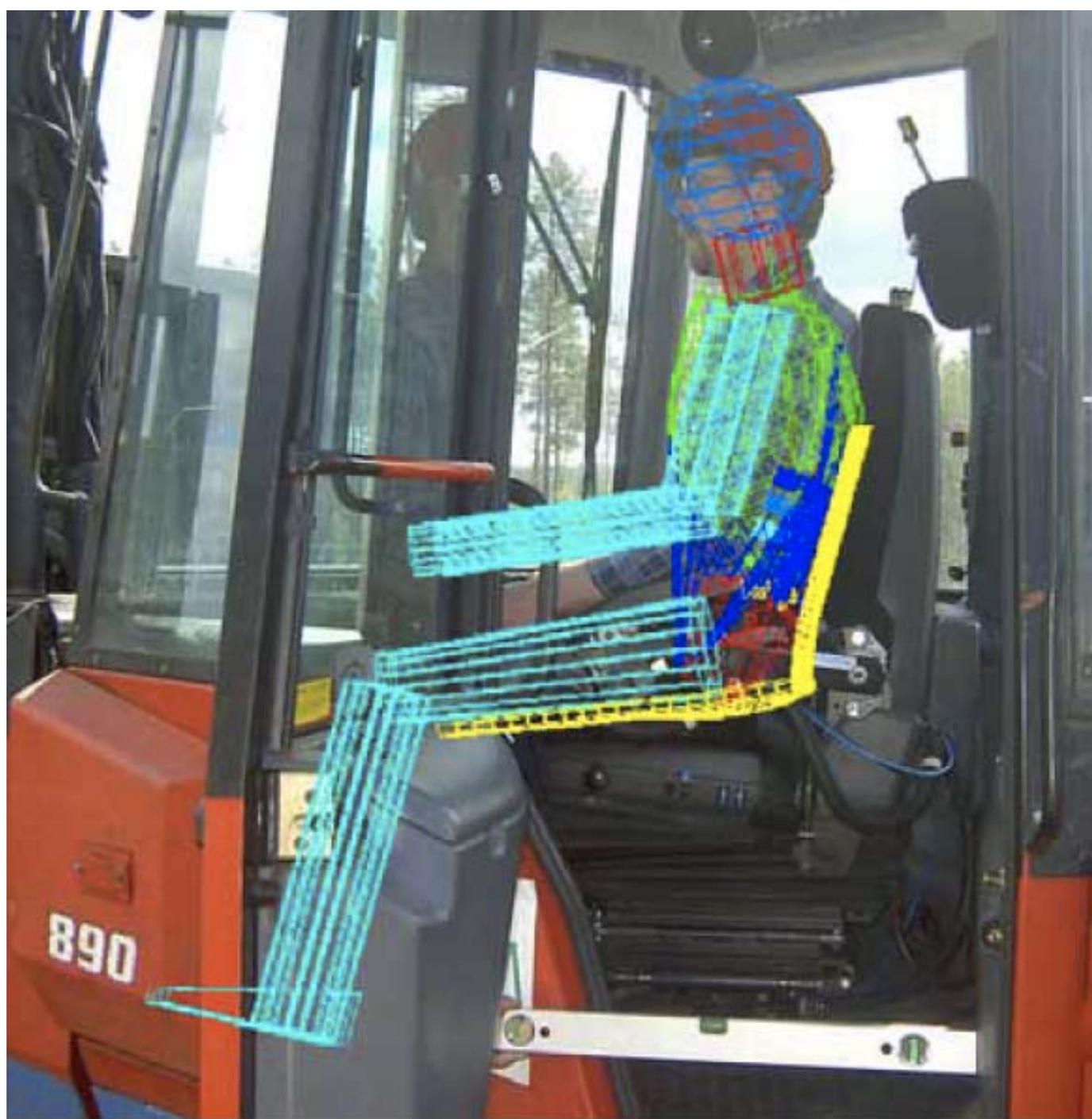
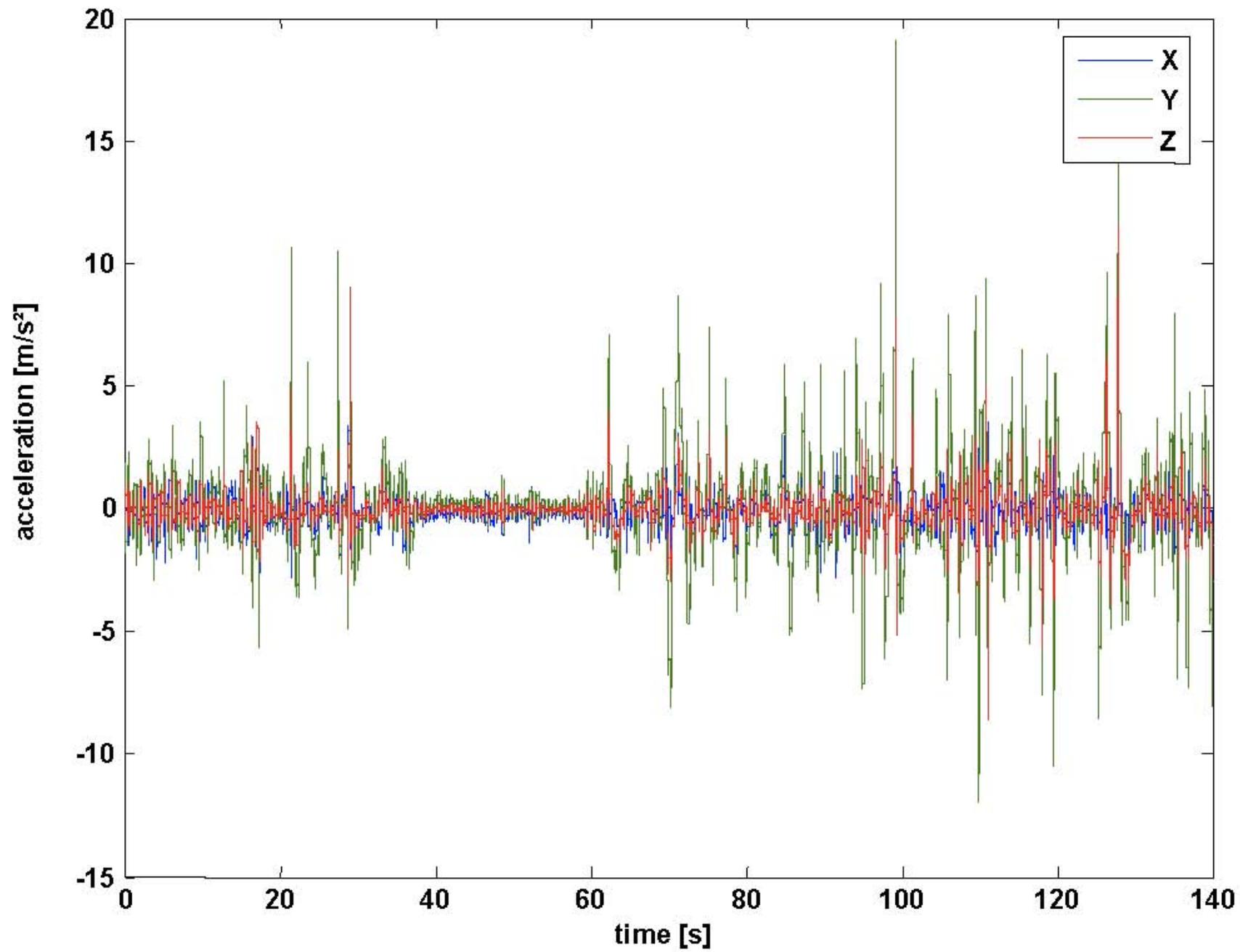
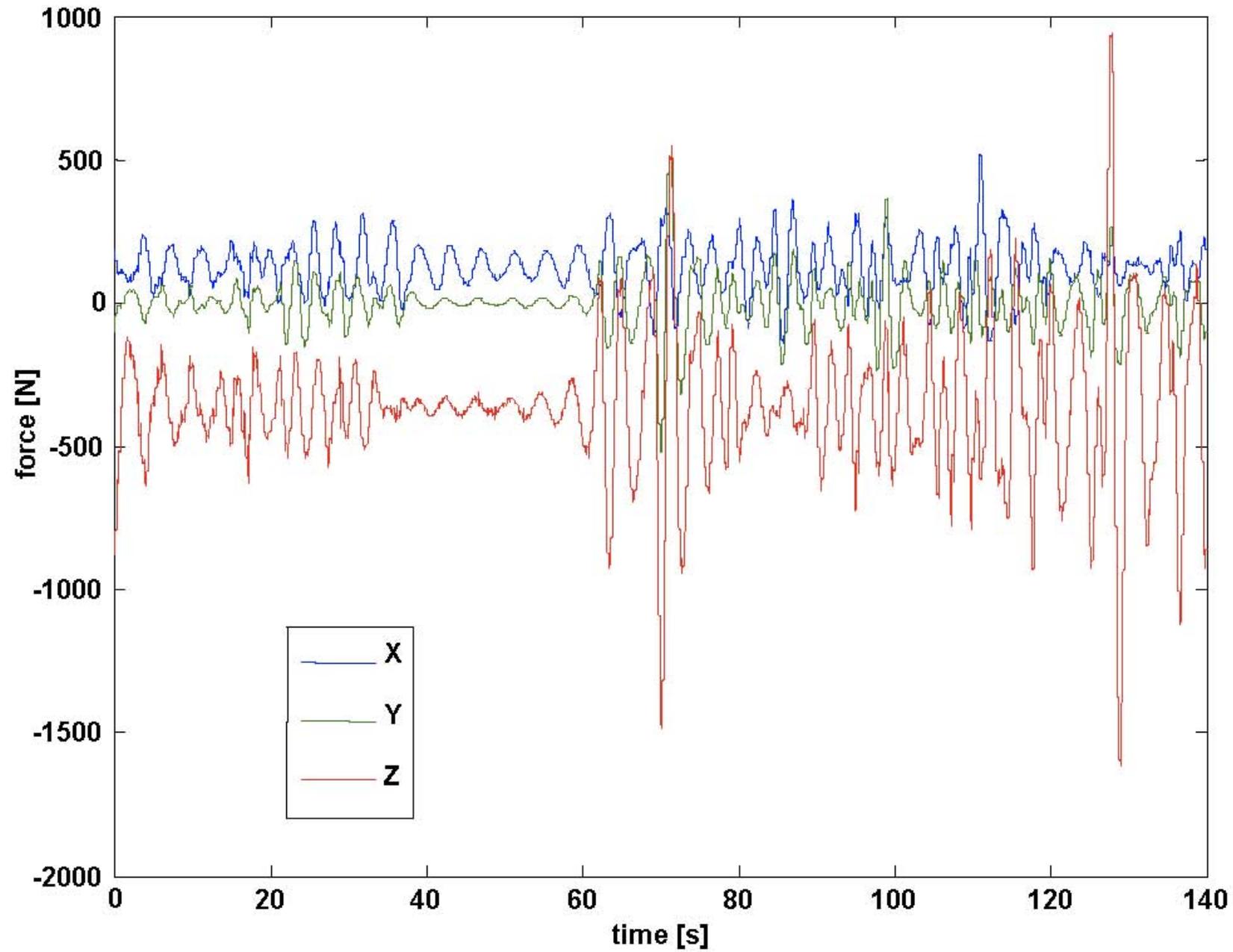


Fig. 1. Dynamic human FE model.









# Valutazione del rischio (ISO/CD 2631-5)

La valutazione del rischio si basa sul calcolo di:

- “**daily compressive dose**”  $S_{ed}$  (MPa)
- “**risk factor  $R$** ” (adimensionale)

a partire dalla relazione esistente tra forze intraspinali statiche e dinamiche e le caratteristiche individuali del soggetto quali l'età, il body mass index, la postura e la durata di esposizione del soggetto esposto.

# Daily compressive dose

$$S_{ed} = \left( \sum_i S_i^6 \times \frac{t_{di}}{t_{mi}} \right)^{1/6} \quad (MPa)$$

- $S_i$  è lo stress dinamico causato dalle vibrazioni generate dal veicolo  $i$
- $S_i$  è lo stress dinamico causato dalle vibrazioni generate dal veicolo  $i$
- $t_{di}$  è la durata giornaliera di esposizione alle vibrazioni del veicolo  $i$
- $t_{mi}$  è il tempo di misura durante il quale  $S_i$  è stato calcolato
- $i$  è il numero di veicoli guidati

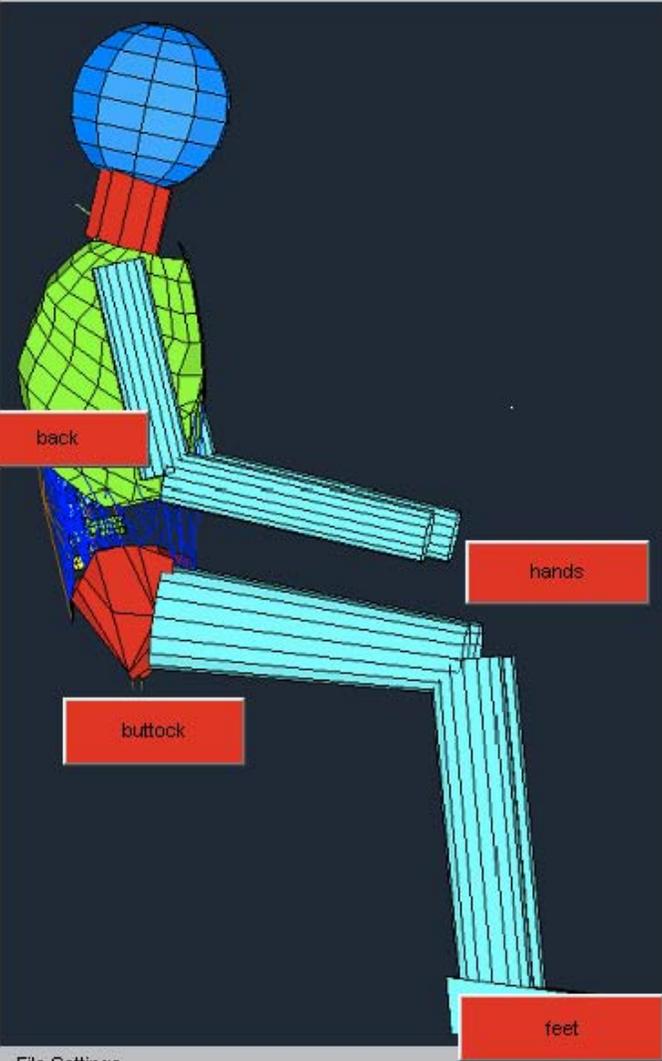
# Risk factor R

# Risk factor R

$$R = \left[ \sum_{j=1}^n \left( \frac{S_{ed} \times N_j^{1/6}}{S_{uj} - C_{stat}} \right)^6 \right]^{1/6}$$

- $S_{ed}$  è la “*daily compressive dose*” (MPa)
- $S_{uj}$  è la massima resistenza dei piatti intervertebrali (MPa) per un soggetto di età  $(b+j)$  ove  $b$  è l’età all’inizio dell’esposizione e  $j$  è la conta degli anni
- $C_{stat}$  è lo stress compressivo statico dovuto alle forze gravitazionali in funzione del peso corporeo, il BMI e la postura del soggetto
- $N$  è il numero di giornate di esposizione/anno
- $n$  è il numero di anni di esposizione.

makeSPF



**Wölfel**

# MAKE SPF

Calculation of the spinal forces due to acceleration input based on the FE-model casimir

Model Settings

Model Posture

Percentile

Body Mass Index

File Header

File Settings

Output Directory

Output Directory

Output Filename

Output Filename

START

EXIT

# Studio VIBRISKS

- Lo scopo era indagare l'occorrenza dei sintomi **lombalgia** e **sciatica** nei precedenti 12 mesi in autisti professionisti mediante uno studio di coorte prospettico
- Valutare la relazione tra sintomi lombari e **misure di dose esterna** ( $A(8)_{\max}$ ,  $VDV_{\max}$ ) e di **dose interna** ( $S_{ed}$ , **R factor**) derivate dai database biodinamici ed epidemiologici dei rami italiano e tedesco del progetto di ricerca EU VIBRISKS

# Risultati

Predittore	LBP OR (IC 95%)	Sciatica OR (IC 95%)
$A(8)_{\max}$ ( $\text{ms}^{-2} \times 10^{-1}$ )	0.94 (0.83–1.08)	1.06 (0.94-1.18)
$VDV_{\max}$ ( $\text{ms}^{-1.75}$ )	0.95 (0.90–1.01)	1.00 (0.95-1.04)
$S_{\text{ed}}$ ( $\text{MPa} \times 10^{-1}$ )	1.09 (0.86–1.38)	<b>1.30 (1.07-1.58)</b>
$R$ factor (unità $\times 10^{-1}$ )	<b>1.28 (1.08–1.51)</b>	<b>1.32 (1.15-1.52)</b>

# Conclusioni (1)

Poichè la formula per il calcolo di **R factor** include non solo le forze dinamiche intraspinali indotte dalle WBV, ma anche variabili quali l'età, il BMI, la postura e la durata di esposizione a WBV, ne deriva l'importanza di questi ulteriori fattori di rischio nella etiopatogenesi degli effetti a lungo termine sul rachide lombare degli autisti esposti a WBV

## Conclusioni (2)

- Nella coorte VIBRISKS **R factor** da **0.07** a **0.72** unità.

Effetti avversi	ISO2631-5: fattore <i>R</i> (unità)
Bassa probabilità	< 0.8
Alta probabilità	> 1.2

# Conclusioni (3)

Predittore	LBP OR (IC 95%)	Sciatica OR (IC 95%)
<i>R</i> factor (unità)		
0.07 – 0.19	1.0 (–)	1.0 (–)
0.20 – 0.27	0.73 (0.43–1.27)	1.09 (0.72 – 1.65)
0.28 – 0.40	1.09 (0.65–1.84)	1.57 (0.99 – 2.48)
0.41 – 0.72	<b>1.83 (1.07–3.13)</b>	<b>2.13 (1.36 – 3.36)</b>

## Conclusioni (4)

- Misure di **dose interna** ( $S_{ed}$ ,  $R$  factor) sono migliori predittori dell'occorrenza di sintomi lombari rispetto a misure di **dose esterna** ( $A(8)_{max}$ ,  $VDV_{max}$ )
- I risultati dello studio di coorte VIBRISKS suggeriscono che i valori limite dell'ISO 2631-5 per esposizione a vibrazioni con shock ripetuti tendono a sottostimare il rischio di lesioni al rachide lombare.