

# Human Vibration

## Effetto delle vibrazioni sul corpo umano

Marco Tarabini

Human Vibration Laboratory

Dipartimento di Meccanica – Politecnico di Milano



**POLITECNICO**  
MILANO 1863



# Introduzione

Le persone sono normalmente esposte alle vibrazioni sia sul posto di lavoro sia durante le attività quotidiane.

Studi epidemiologici hanno evidenziato che le esposizioni continue alle vibrazioni hanno gravi conseguenze sulla salute

- affaticamento fisico e psicologico;
- disturbi muscolo-scheletrici,
- Disturbi vascolari e nervosi

# Tipi di vibrazione

In base al punto di ingresso della vibrazione nel corpo, le vibrazioni trasmesse ai lavoratori si dividono in:

- vibrazioni mano braccio (HAV)
- vibrazioni corpo intero (WBV)
- Vibrazioni trasmesse dai piedi (FTV)

# Vibrazioni mano braccio e HAVS



Le vibrazioni mano braccio (HAV) sono quelle trasmesse al corpo da utensili vibranti.

L'esposizione prolungata a vibrazioni mano braccio causa la HAVS, caratterizzata da una serie di disturbi invalidanti

- Sindrome del dito bianco
- Dolore, formicolio e perdita della sensibilità
- Perdita della capacità motoria fine
- Riduzione della forza e della capacità di presa
- Deperimento muscolare
- Malattia di Reynaud

# Vibrazioni di tipo corpo intero e FTV



Le vibrazioni corpo intero (WBV) raggiungono la persona attraverso il sedile (guidatori) o attraverso i piedi in posizione eretta (FTV).

L'esposizione continuativa causa

- malattie muscoloscheletriche
- malattie circolatorie

# Misure di vibrazione



La normativa prevede la possibilità sia di misure dirette sia dei valori riportati nei database

Date le innumerevoli fonti di variabilità nelle misure la variabilità risulta elevata

# Normativa

- Le misure di vibrazione mano braccio sono disciplinate dalle norme ISO 5349-1 e ISO 5349-2
- Le misure di vibrazione corpo intero sono disciplinate dalle norme ISO 2631-1, 2631-2, 2631-4, 2631-5
- Le specifiche della catena di misura sono indicate nella ISO 8041

# Calcolo dell'esposizione HAV (5349)

- Dati i valori di vibrazione lungo i tre assi perpendicolari
- Applicare la curva di ponderazione ai singoli asse per trovare le accelerazioni ponderate:
- Il valore totale di vibrazione è la somma vettoriale delle accelerazioni lungo i tre assi di misura
- L'esposizione giornaliera alle vibrazioni A(8) dipende dalla durata di esposizione del lavoratore alle vibrazioni





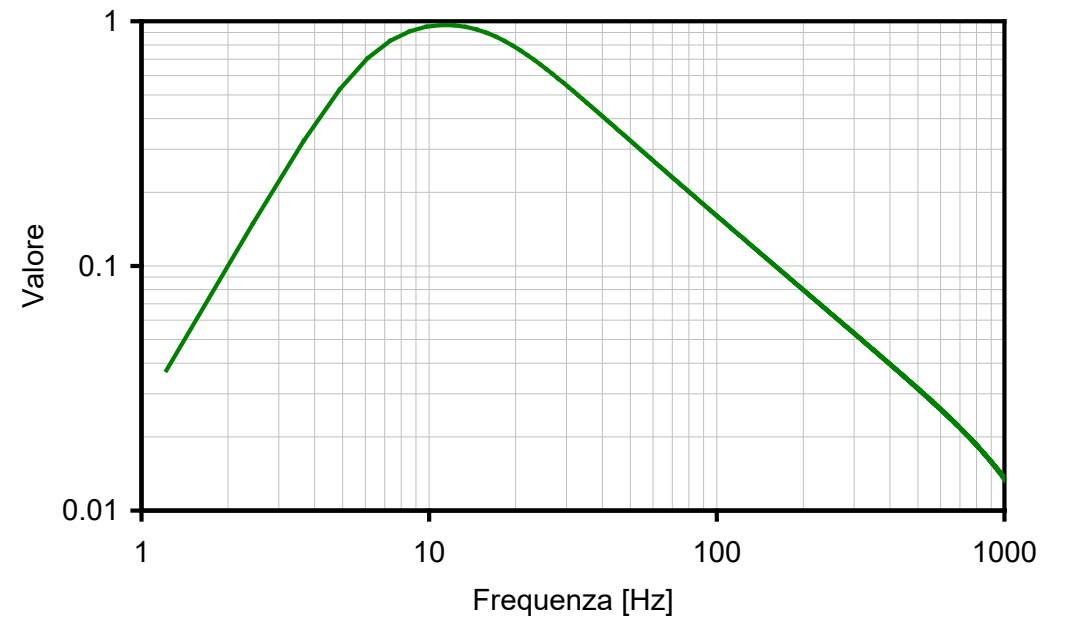
# Calcolo dell'esposizione WBV (2631)

- Calcolo molto simile a quello della ISO 5349
- Coefficienti moltiplicativi penalizzano la vibrazione nel piano medio-laterale e frontale

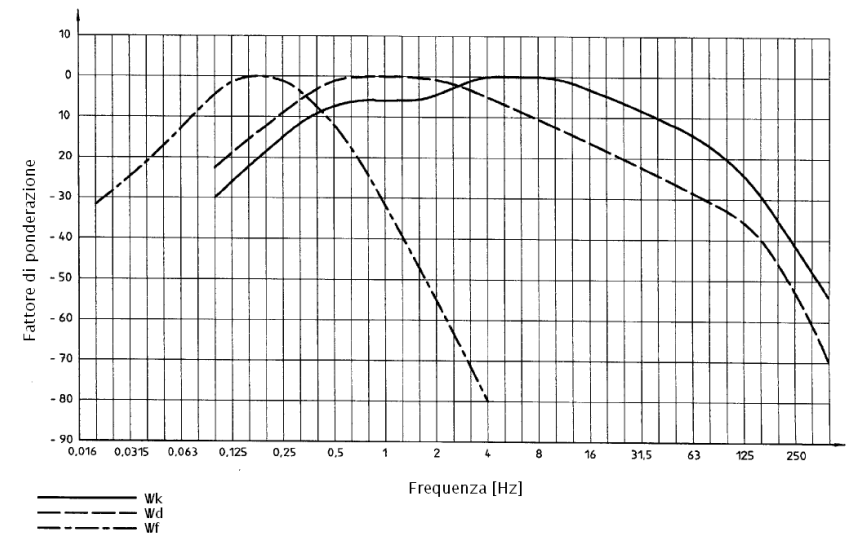
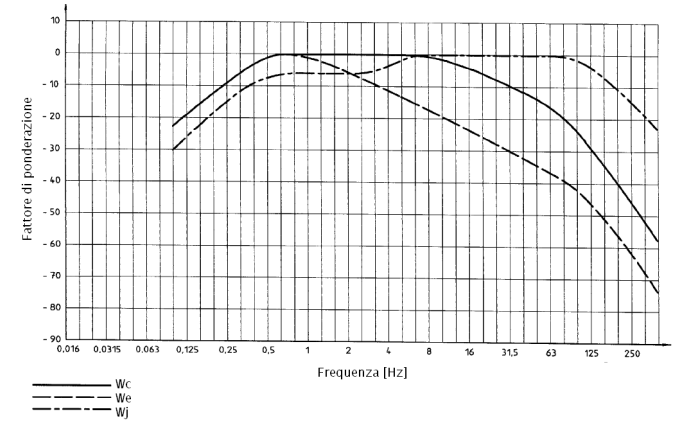
# Le ponderazioni

- Le ponderazioni servono a dare più importanza a quelle vibrazioni alle frequenze in cui il corpo umano è più sensibile.
- Le ponderazioni sono diverse per HAV e WBV
- Esiste una sola ponderazione per le HAV
- Per le WBV esistono diverse curve di ponderazione.
- Sono definite nel dominio delle frequenze.
- La loro definizione matematica è contenuta nella ISO 8041, insieme alle tolleranze richieste.

# Ponderazione HAV

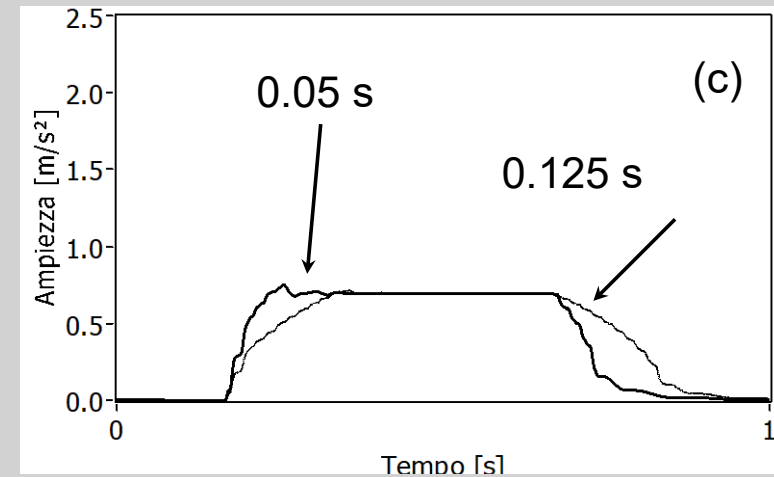
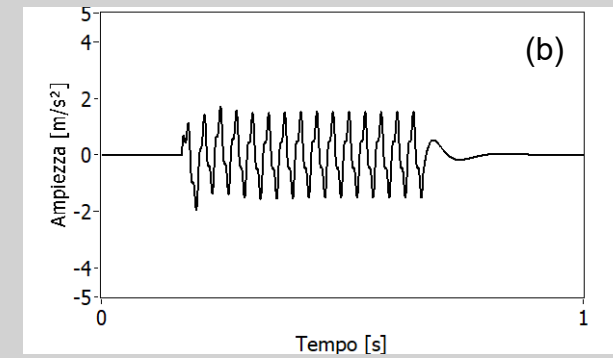
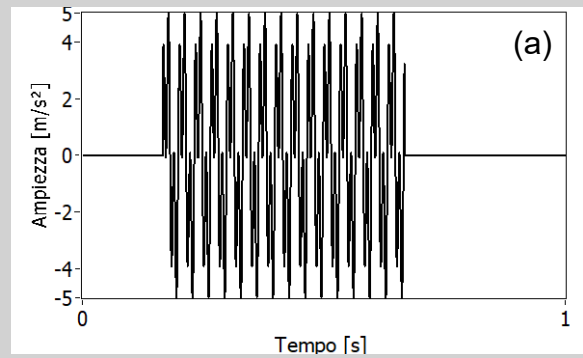


# Ponderazioni WBV



# Livello

- La ponderazione altera la forma del segnale di vibrazione misurato, per dare maggior rilievo alle frequenze considerate più dannose.
- Considero poi il valore RMS del segnale ponderato



# Come ridurre HAV e WBV

Ci sono 3 modi per rendere le vibrazioni meno pericolose per il corpo umano

- Riduzione delle vibrazioni alla fonte
- Riduzione delle vibrazioni trasmesse al corpo con DPI
- Riduzione del tempo di esposizione

# Esempi applicativi

Riduzione HAV e WBV

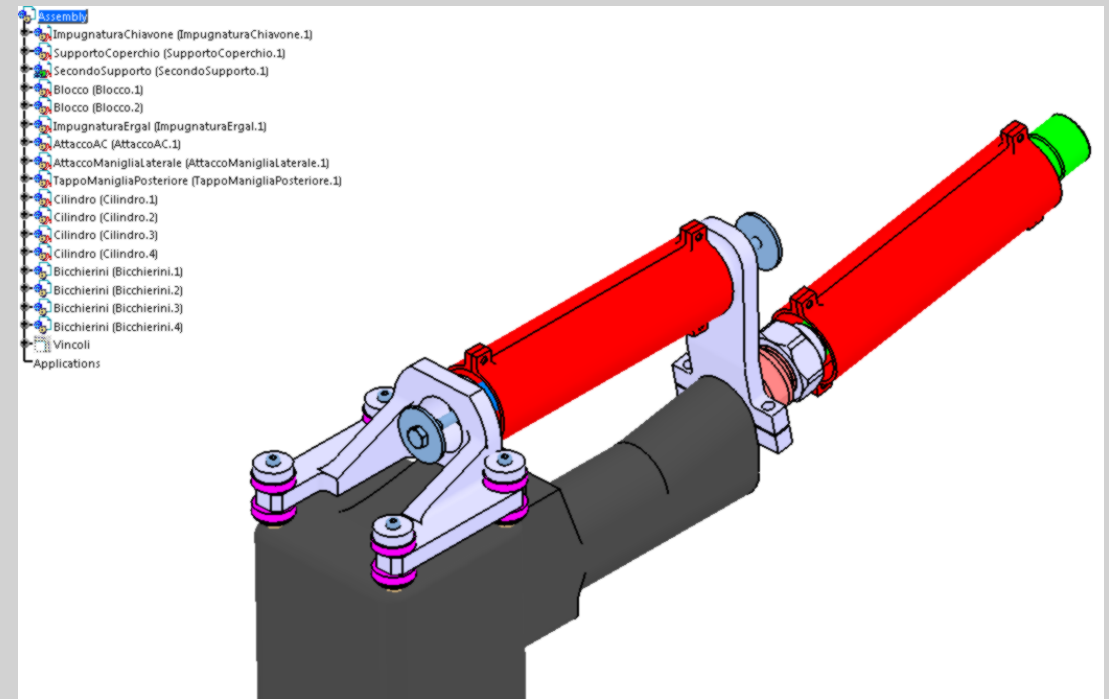
# Riduzione HAV avvitatori pneumatici

Martello pneumatico utilizzato  
nel settore petrolifero

Vibrazioni a bassa frequenza

Progettazione di un impugnatura  
ausiliaria

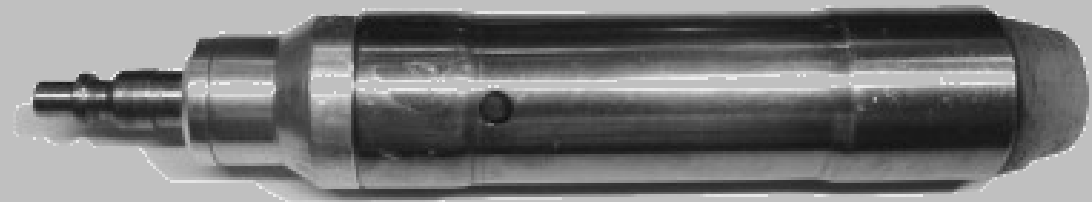
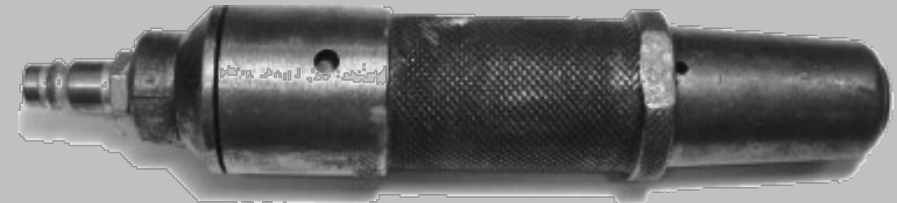
Riduzione delle vibrazioni da 10  
a  $3.8 \text{ m/s}^2$





# Riduzione HAV martelletti pneumatici

- Martelli per la lavorazione del marmo (veneranda fabbrica del duomo)
- Ottimizzazione sistema di ammortizzazione sulla base del tipo di impugnatura usata dagli artisti
- Utilizzo di molle non lineari per evitare urti e inserire dissipazione
- Riduzione da 12 a 5 m/s<sup>2</sup>



# Studio dell'efficacia di diversi manubri di bici



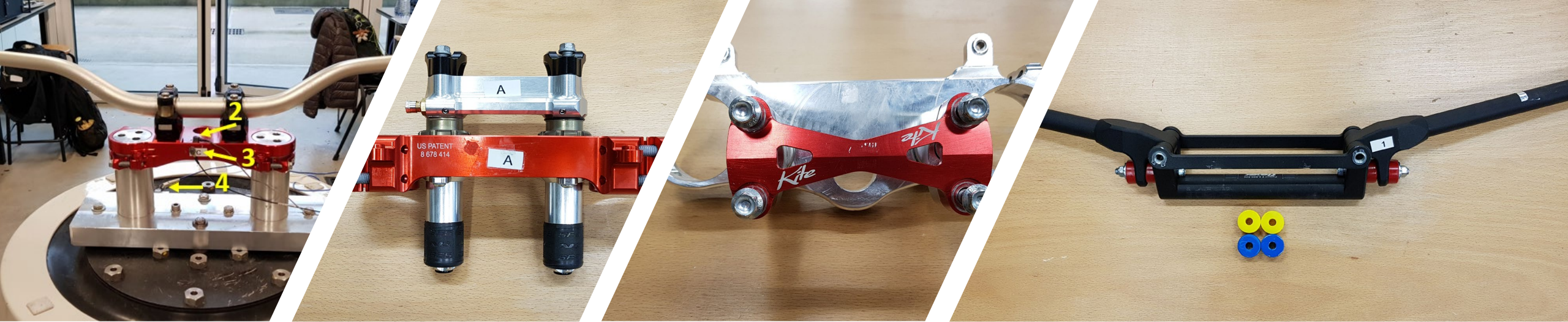
- Studio dell'effetto combinato dell'impugnatura e del tipo di nastro utilizzato
- Effetto limitato del tipo di carbonio utilizzato
- Effetto significativo del nastro

# Manubri bici

- Analisi di trasmissibilità delle vibrazioni nel braccio
- Effetto combinato schiacciamento dei nervi (postura) e vibrazione





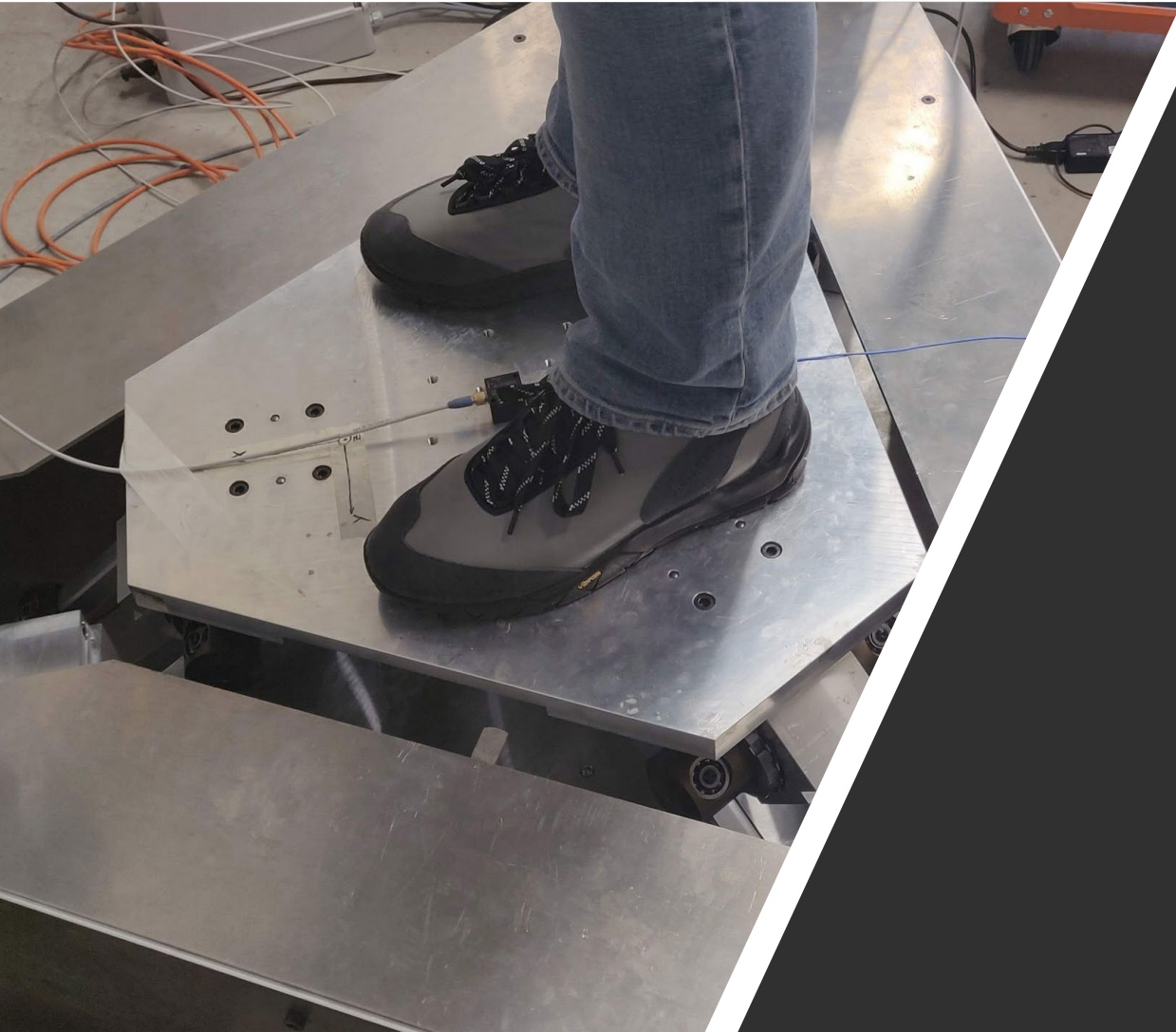


## Valutazione efficacia manubri motocross

- Analisi sperimentale focalizzata all'identificazione della miglior configurazione piastra/manubrio
- Vibrazione misurata in pista riprodotta in laboratorio
- Vibrazioni misurate tramite accelerometri piezoelettrico
  - Piastra
  - impugnatura



# Riduzione delle vibrazioni al lavoratore in piedi



- Progettazione di una calzatura ottimizzata per tagliare alcune frequenze della vibrazione alle dita dei piedi
- Scarpa strumentata per la misura dell'esposizione in tempo reale

# Guanti



- Gli utilizzatori di guanti antivibrazione non ricevono alcuna informazione che permetta di valutare il livello di protezione.
- ISO 10819 (2013) dimostra solo che i guanti possono attenuare alcune vibrazioni sul palmo della mano lungo la direzione dell'avambraccio e che è improbabile che aumentino l'esposizione alle vibrazioni.
- Efficacia isolamento dipende da
  - condizioni operative dell'utensile
  - materiali
  - direzione vibrazioni
  - Postura
  - Caratteristiche fisiche operatore
  - Forze di presa e spinta

# Conclusioni

Il fenomeno è complesso

Soluzioni fai da te peggiorano spesso l'esposizione alle vibrazioni

Uso DPI consigliato ma meglio rivolgersi a professionisti per la valutazione del rischio

Valutazioni strumentali meglio che valutazioni basate su livelli dichiarati dai costruttori