



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

I EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Modulo A 2- 4.3.

La valutazione del rischio Vibrazione ed i suoi aspetti applicativi

Ing. Luigi Carlo Chiarenza

E-mail: luigi.chiarenza@alice.it - Cell. 392.256.11.21

Organizzato da

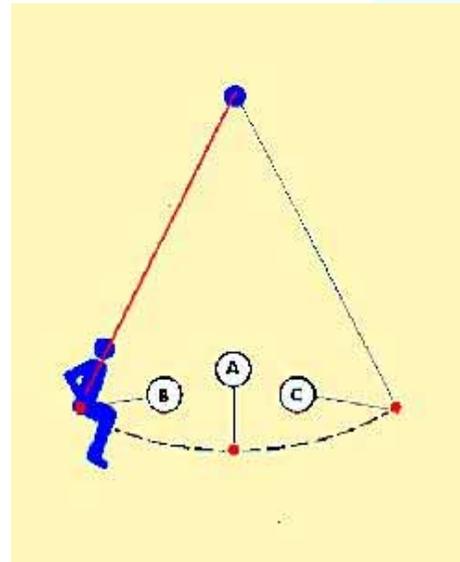
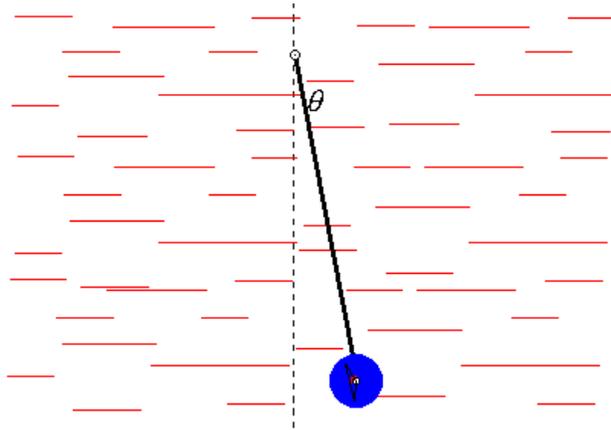


23/05/2015

In collaborazione con



Vibrazioni

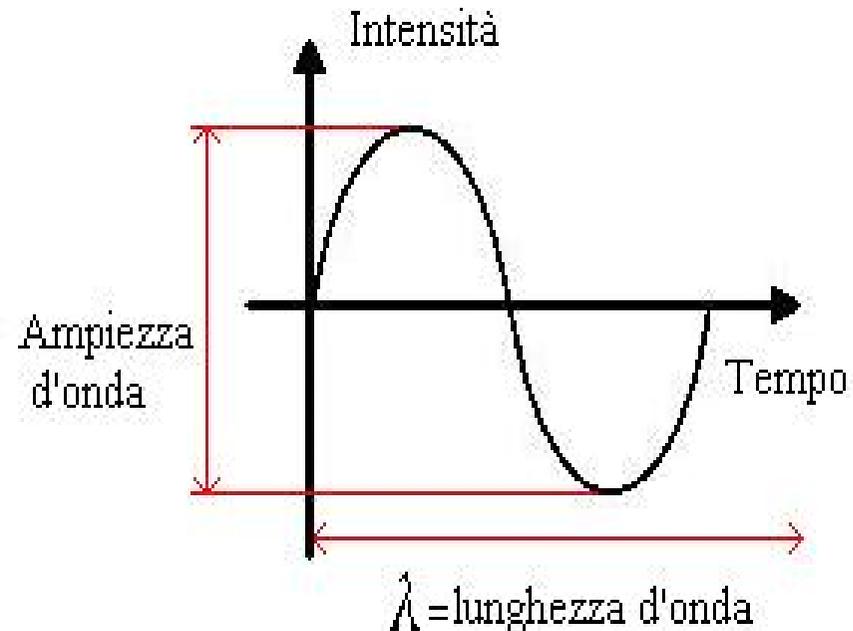


Le vibrazioni sono oscillazioni meccaniche di grande rapidità e piccola ampiezza, generate da onde di pressione che si trasmettono attraverso corpi solidi

L'oscillazione è il movimento che un punto mobile compie per ritornare alla posizione di partenza

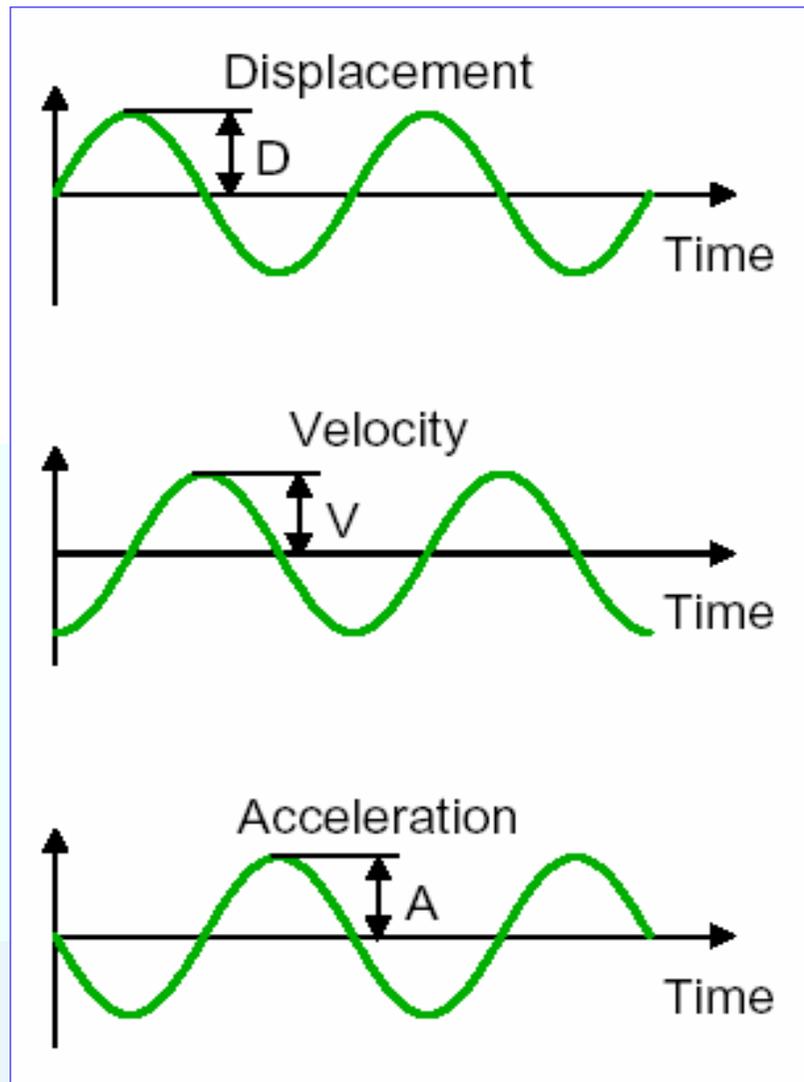
Elementi caratterizzanti le vibrazioni

- ▶ **FREQUENZA**
(n ° di oscillazioni al sec, Hz)
- ▶ **LUNGHEZZA D'ONDA (λ)**
- ▶ **AMPIEZZA (m)**
- ▶ **VELOCITA' (m/s)**
- ▶ **ACCELERAZIONE (m/s^2)**
- ▶ **ASSE DI INGRESSO (X, Y, Z)**



IL POTENZIALE LESIVO DEGLI STRUMENTI VIBRANTI, TUTTAVIA, È CORRELATO QUASI ESCLUSIVAMENTE ALLA FREQUENZA, AMPIEZZA e DIREZIONE delle vibrazioni.

Elementi caratterizzanti le vibrazioni



Spostamento:

$$D(t) = D_0 \sin(\omega t) \text{ (m)}$$

Velocità:

$$V(t) = V_0 \cos(\omega t) \text{ (m/s)}$$

$$V_0 = \omega D_0$$

Accelerazione:

$$A(t) = -A_0 \sin(\omega t) \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$A_0 = \omega V_0 = \omega^2 D_0$$

Vibrazioni

VIBRAZIONI LIBERE: si hanno quando un corpo vibra sotto l'azione delle sole forze interne - il corpo vibra alle proprie frequenze naturali.

VIBRAZIONI FORZATE: sono causate da forze applicate esternamente al sistema.

Classificazione in ambito Occupazionale

Vibrazioni trasmesse al corpo intero (Whole body vibration WBV)

oscillazioni generalizzate, a bassa (fra 0 e 2 cicli/sec.) e media frequenza (fra 2 e 20 cicli/sec.).

Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio (Hand-arm transmitted or segmental)

oscillazioni localizzate, ad alta frequenza (oltre 20-30 cicli/sec).

Classificazioni delle vibrazioni in base alle frequenze (sec.Wisner)

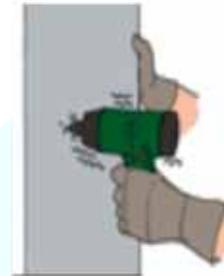
FREQUENZE	ESPOSIZIONE	EFFETTI
BASSE 0 a 1-2Hz	MEZZI DI COMUNICAZIONE: AUTOMOBILI, NAVI	MAL DEI TRASPORTI (CINETOSI)
MEDIE 2 a 20Hz	MACCHINE E IMPIANTI INDUSTRIALI MEZZI DI TRASPORTO	PATOLOGIA DA VIBRAZIONI DIFFUSA A TUTTO IL CORPO (WHOLE BODY VIBRATION)
ALTE > 20Hz	STRUMENTI VIBRANTI ◆ A PERCUSSIONE ◆ A ROTAZIONE ◆ A MOVIMENTO MISTO	SINDROME DA VIBRAZIONE MANO-BRACCIO (SEGMENTAL VIBRATION)

Dimensione del fenomeno

- **24% lavoratori europei è esposto a vibrazioni meccaniche**

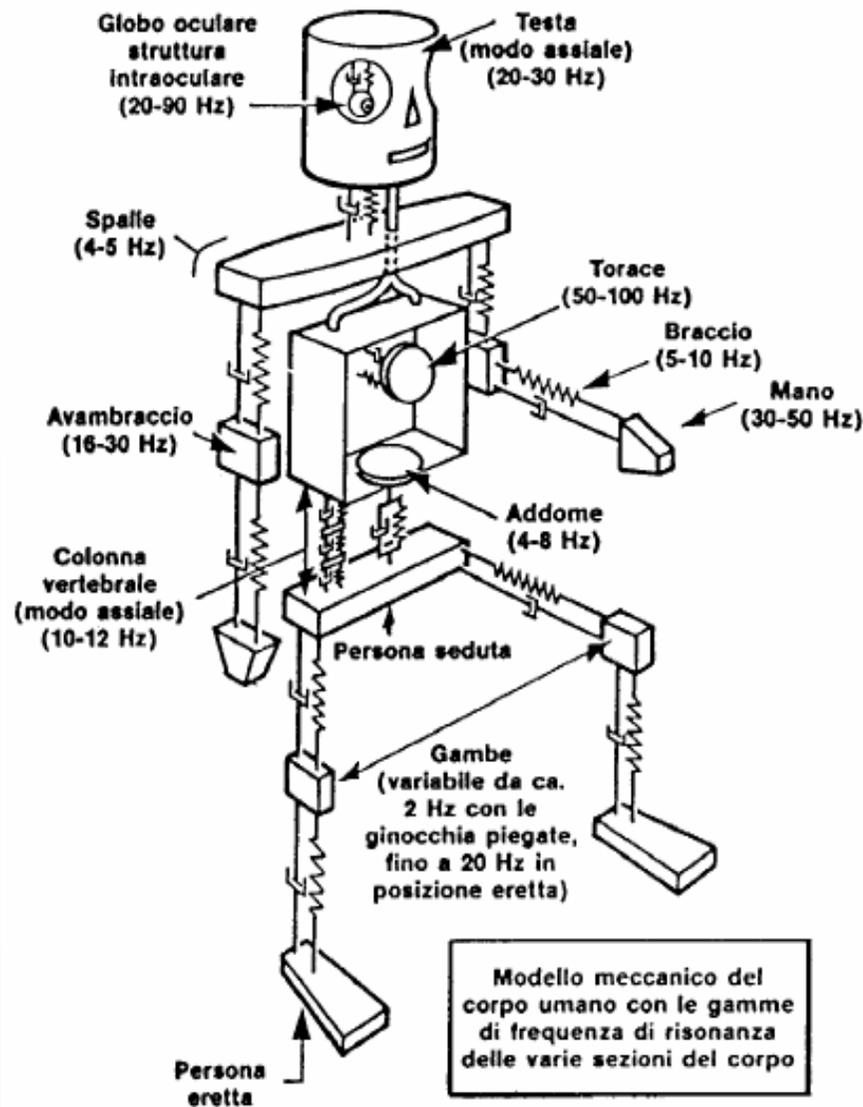


- **21% lavoratori italiani è esposto a vibrazioni meccaniche**



EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK

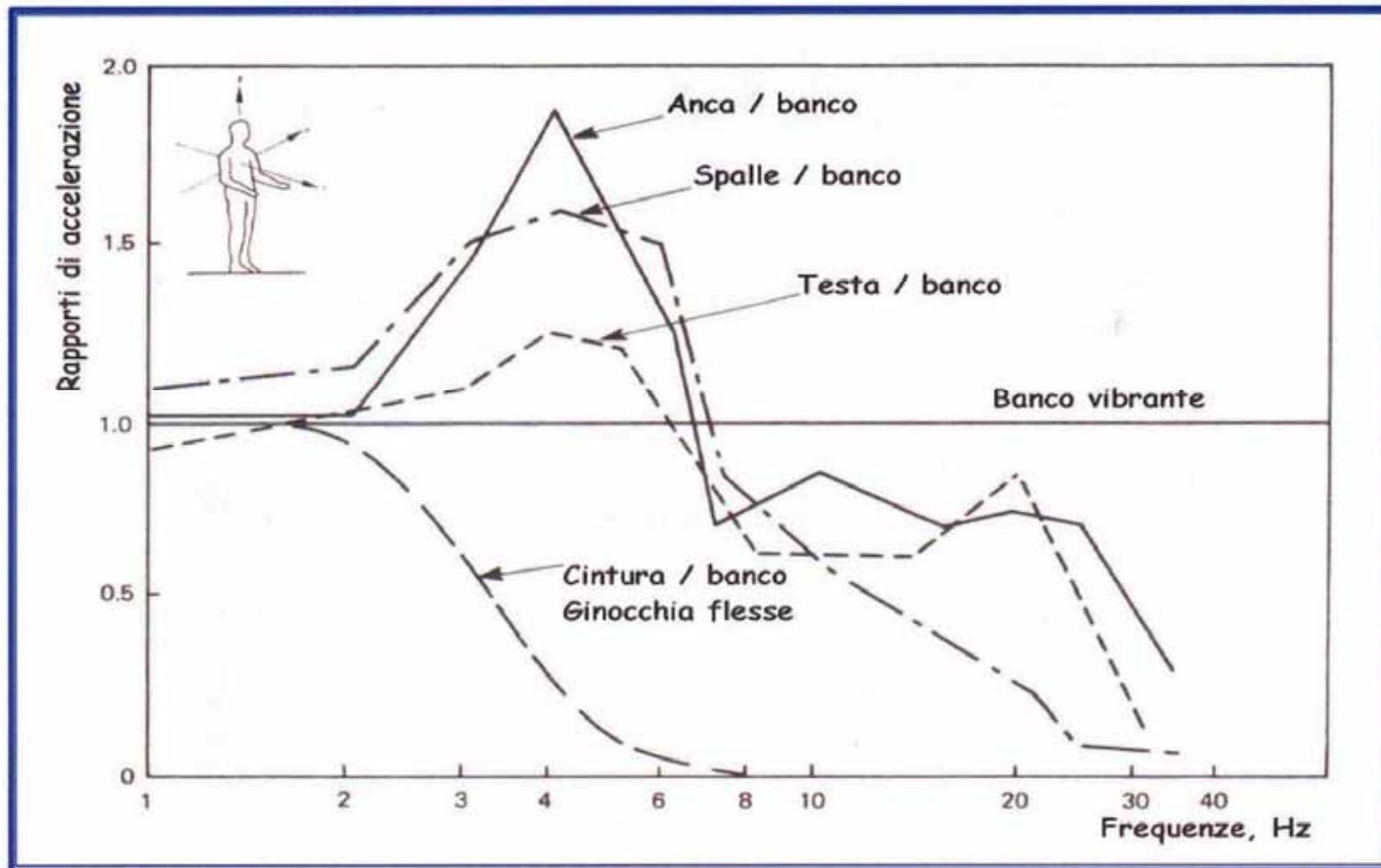
Modello del corpo umano



Per quanto riguarda il corpo intero
Le vibrazioni elastiche che causano un danno biologico sono le perturbazioni armoniche con frequenza **1 ÷ 80 Hz**
(ISO 2631-1)

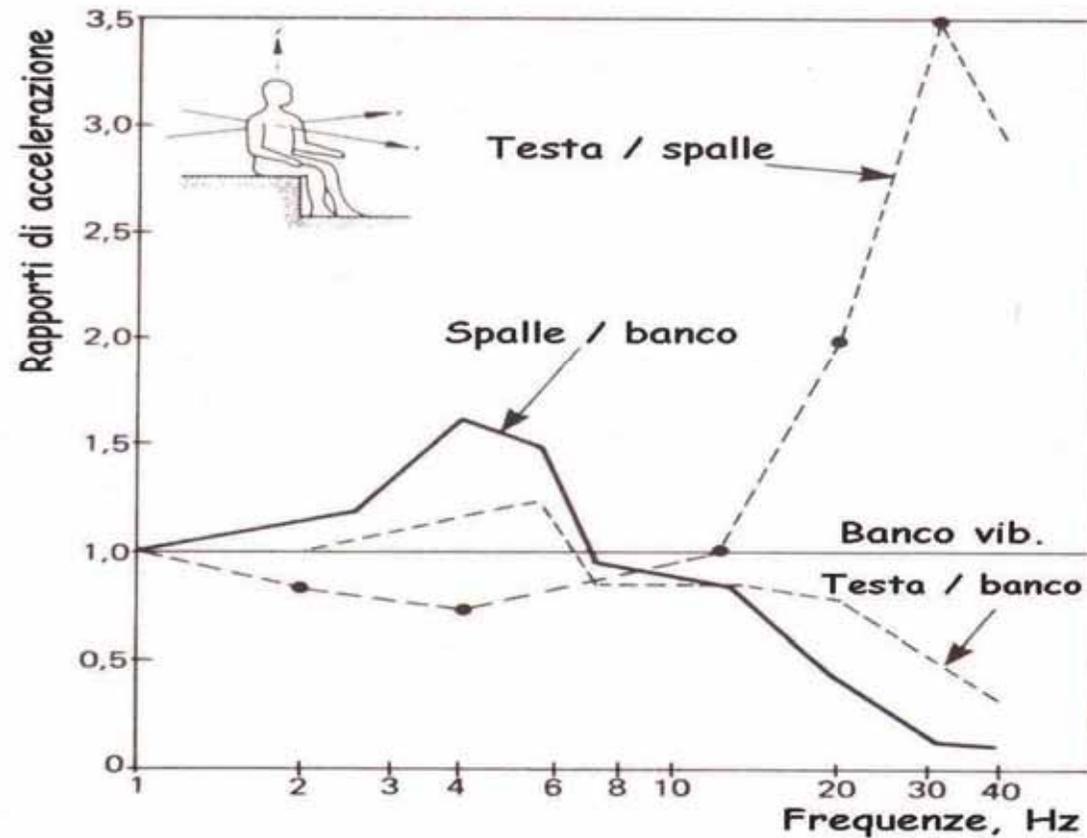
Per quanto riguarda il mano braccio
Le vibrazioni elastiche che causano un danno biologico sono le perturbazioni armoniche con frequenza **8 ÷ 1000 Hz**
(ISO 5139-1)

Funzioni di trasferimento corpo stazionario



La trasmissione per i diversi distretti anatomici varia in funzione delle frequenze (es. l'anca e le spalle tendono ad amplificare le basse frequenze).

Funzioni di trasferimento corpo seduto



.. la testa tende ad amplificare l'accelerazione rispetto alle spalle alle alte frequenze

Patologie da vibrazioni

Vibrazioni

L'esposizione a vibrazioni meccaniche in ambiente lavorativo può essere dovuta ad un'ampia varietà di processi e operazioni che utilizzano macchine e attrezzi diffusi nella gran parte dei settori lavorativi dell'industria, agricoltura e servizi .

Studi epidemiologici e sperimentali consolidati a livello italiano e internazionale hanno dimostrato che una prolungata esposizione ad elevati livelli di vibrazioni può provocare importanti disturbi e lesioni a carico degli arti superiori e della colonna vertebrale.

Vibrazioni trasmesse al corpo intero (WBV)

- Gli effetti avversi delle vibrazioni al corpo intero possono avvenire nel range delle frequenze medio-basse
- Studi mostrano che il sovraccarico biomeccanico della colonna vertebrale dovuto a fenomeni di risonanza avviene per frequenze di vibrazione **tra 3 e 10 Hz**
- Vibrazioni meccaniche trasmesse al corpo intero, comportano rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare lombalgie e traumi del rachide



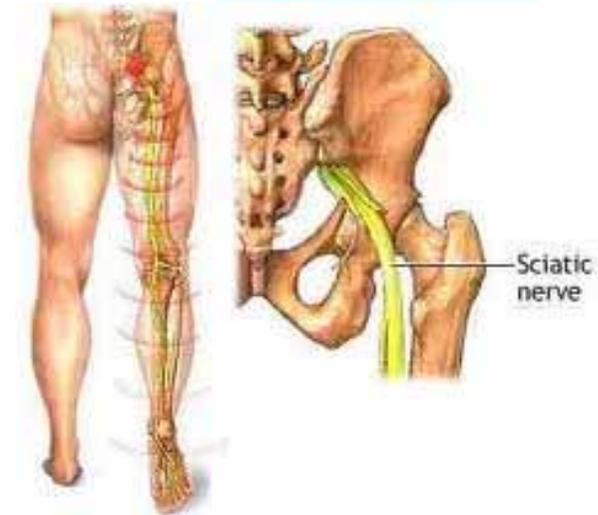
Vibrazioni trasmesse al corpo intero (WBV)

- Conduzione di macchine e/o veicoli industriali, macchine agricole, mezzi per il trasporto pubblico
- Associazione con altri fattori di rischio biomeccanico quali il mantenimento di posture fisse prolungate, flessioni e torsioni del rachide, movimentazione manuale dei carichi



Vibrazioni trasmesse al corpo intero

- ▶ Disturbi chinetosici
- ▶ Patologie del rachide lombare
- ▶ Disturbi del distretto cervico - brachiale
- ▶ Disturbi dell'apparato gastro-intestinale
- ▶ Disturbi dell'apparato riproduttivo
- ▶ Disturbi circolatori
- ▶ Effetti cocleo - vestibolari



Vibrazioni trasmesse al corpo intero (WBV)

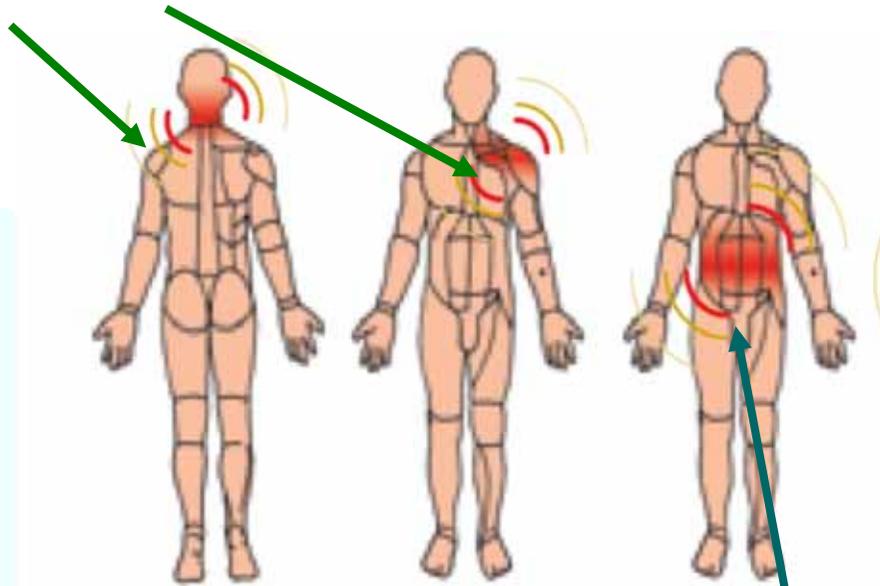
(modificazioni osteoarticolari)

- ❖ Sono le alterazioni più note causate dalle vibrazioni trasmesse al corpo intero
- ❖ Vibrazioni e posizione seduta costituiscono le cause più importanti di lombalgia nel personale adibito alla guida
- ❖ Si tratta di una degenerazione cronica a carico della colonna vertebrale che interessa: i corpi vertebrali, le articolazioni, i dischi intervertebrali



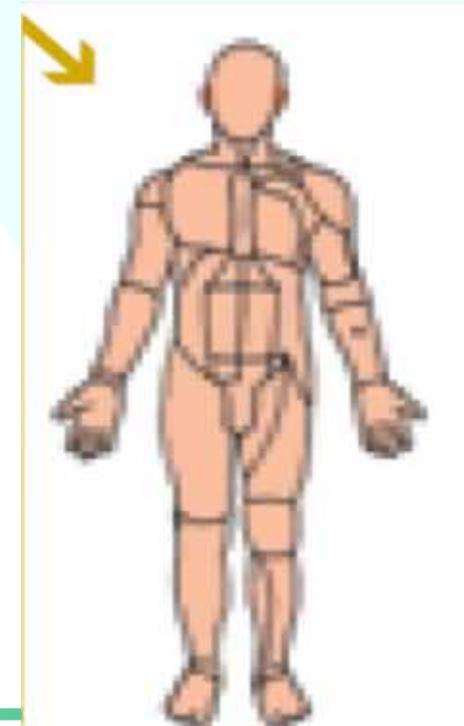
.. effetti sul fisico
come disturbi e lesioni
a carico del tratto
basso della spina
dorsale...

Disturbi cervico - brachiali: sono disturbi delle fasce muscolari che si manifestano nella zona **collo - spalle** dei conducenti di automezzi.



Disturbi digestivi: un'esposizione elevata può generare un aumento dell'attività **gastrointestinale** e quindi provocare gastrite e ulcera peptica.

La chinetosi si manifesta con vibrazioni a bassa frequenza (da 0 a 2 HZ) e stimola la funzione vestibolare



Vibrazioni trasmesse al corpo intero (WBV)

Disturbi circolatori: i conducenti di automezzi e veicoli possono essere soggetti ad insorgenza di emorroidi e varici venose alle gambe, addebitabili anche alle vibrazioni ed al tempo trascorso in posizione seduta.

Effetti cocleo - vestibolari: l'esposizione contemporanea a vibrazioni e rumore è probabilmente causa di un aumento del disturbo uditivo (ipoacusia) alle alte frequenze.

Risposte a carattere psicosomatico caratterizzati da fenomeni psicosensoriali, Modificazioni del tono muscolare, modificazioni neurologiche, endocrine ed umorali

Segmental vibration

Patologia distrettuale da strumenti vibranti caratterizzata dalla presenza di:

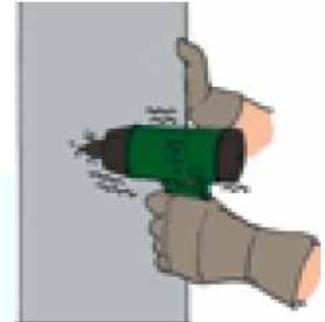
- ▶ LESIONI VASCOLARI
- ▶ LESIONI OSTEO-ARTICOLARI
- ▶ LESIONI NEUROLOGICHE
- ▶ LESIONI MUSCOLO-TENDINEE

(tra di loro variamente associate)



VARI FATTORI (INTERNI OD ESTERNI) POSSONO INFLUENZARE LA COMPARSA O MENO DI TALI LESIONI

Molti strumenti che vengono impugnati o azionati con le mani generano vibrazioni. La vibrazione si trasmette alla mano e al braccio dell'operatore attraverso il contatto fisico con lo strumento e, in alcuni casi attraverso il pezzo che si sta lavorando (macchinari a colonna).



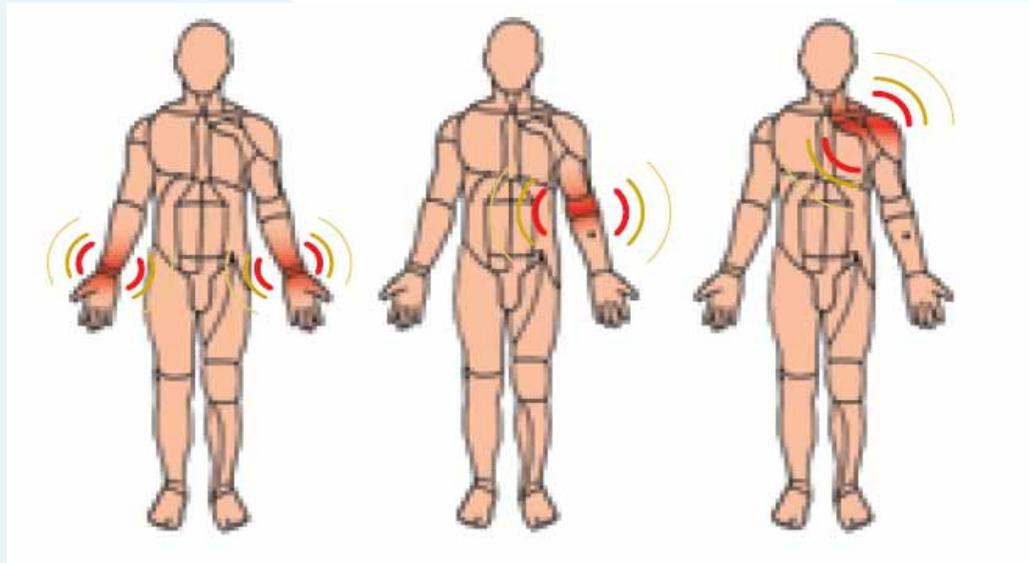
Si calcola che oltre il 5% dei lavoratori sono esposti regolarmente a vibrazioni del sistema mano-braccio in quasi tutti i campi delle attività lavorative.

Tale percentuale sale in alcuni **comparti lavorativi**: edilizia e ingegneria civile, manutenzione di strade e ferrovie, silvicoltura, fonderie e officine meccaniche, miniere e cave.



Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio

Per la «sindrome da vibrazioni mano-braccio», con frequenze comprese tra 8 e 1000 Hz, oltre ad un maggiore affaticamento psicofisico, vi è un aumento del rischio di insorgenza di lesioni vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche con l'eventuale concorrenza di fattori ambientali, come il rumore, o individuali come l'età, la suscettibilità o l'abitudine al fumo.



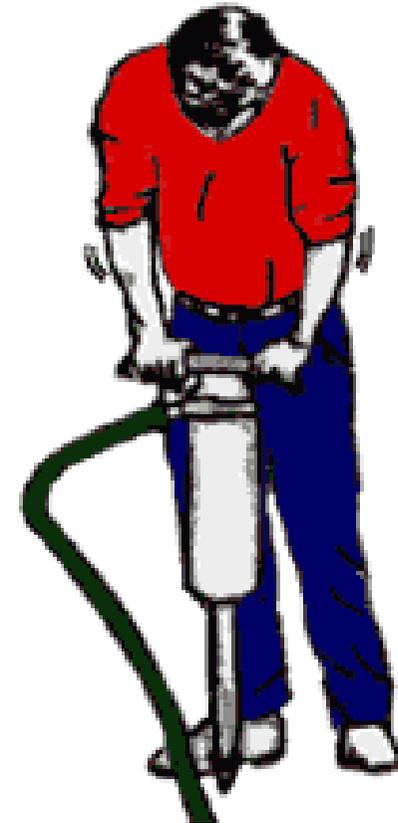
Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio

- ▶ Angioneurosi (Fenomeno di Raynaud)
- ▶ Neuropatie periferiche prevalentemente sensitive (nn. mediano, ulnare, radiale)
- ▶ Sindromi da intrappolamento dei tronchi nervosi degli arti superiori
- ▶ Osteoartropatie dei polsi e gomiti
- ▶ Patologie muscolo-tendinee degli arti superiori

Sistema mano-braccia patologie osteo-articolari

Rappresentate da un quadro di alterazioni di tipo necrotico degenerativo a livello osteo - cartilagineo.

Si tratta di una patologia degenerativa da sovraccarico funzionale generalmente causata dal contatto delle mani con l'impugnatura di utensili manuali o di macchinari condotti a mano.



Sistema mano-braccia patologie osteo-articolari

Si manifesta con:

- Pseudocisti o vacuoli delle ossa carpali
- Artrosi delle articolazioni del polso e gomito
- Entesopatie del gomito

È correlata a:

- Esposizione a vibrazioni di elevata ampiezza e bassa frequenza (< 50 Hz) generate da utensili percussori
- Fattori di stress ergonomico
- Suscettibilità individuale

Sistema mano - braccia

patologie muscolo - scheletriche

- ▶ **Tendinopatie infiammatorie e/o degenerative** (tendiniti, tenosinoviti, peritendiniti, tendinosi) della spalla, gomito, polso e mano
- ▶ **Sindromi da compressione dei nervi periferici** (s. tunnel carpale, s. canale di Guyon, s. tunnel cubitale, s. del pronatore, s. stretto toracico)
- ▶ **Osteoartropatie croniche degenerative** (es. artrosi, rizoartrosi trapezio-metacarpale)
- ▶ **Altre patologie:** m. Dupuytren, dito a scatto, cisti tendinee, borsiti

Lesioni vascolari

Fenomeno di Raynaud secondario

Consiste nell'arresto transitorio Del flusso arterioso in zone acrali delle mani

SINTOMATOLOGIA

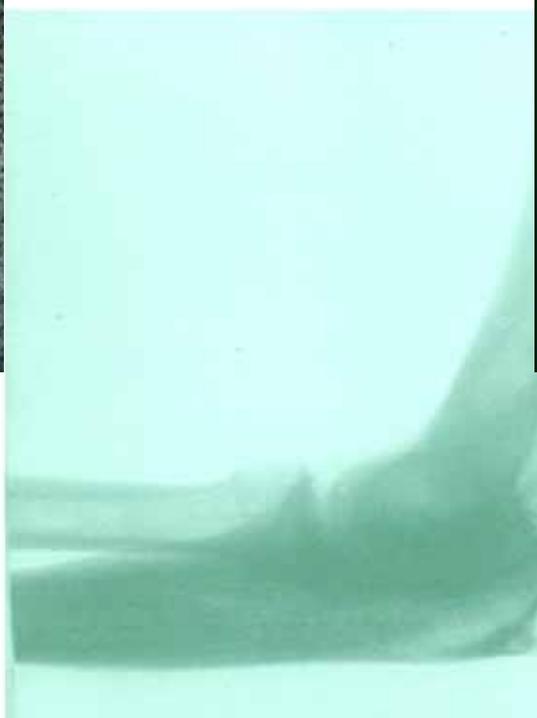
FASE INIZIALE

FASE ISCHEMICA

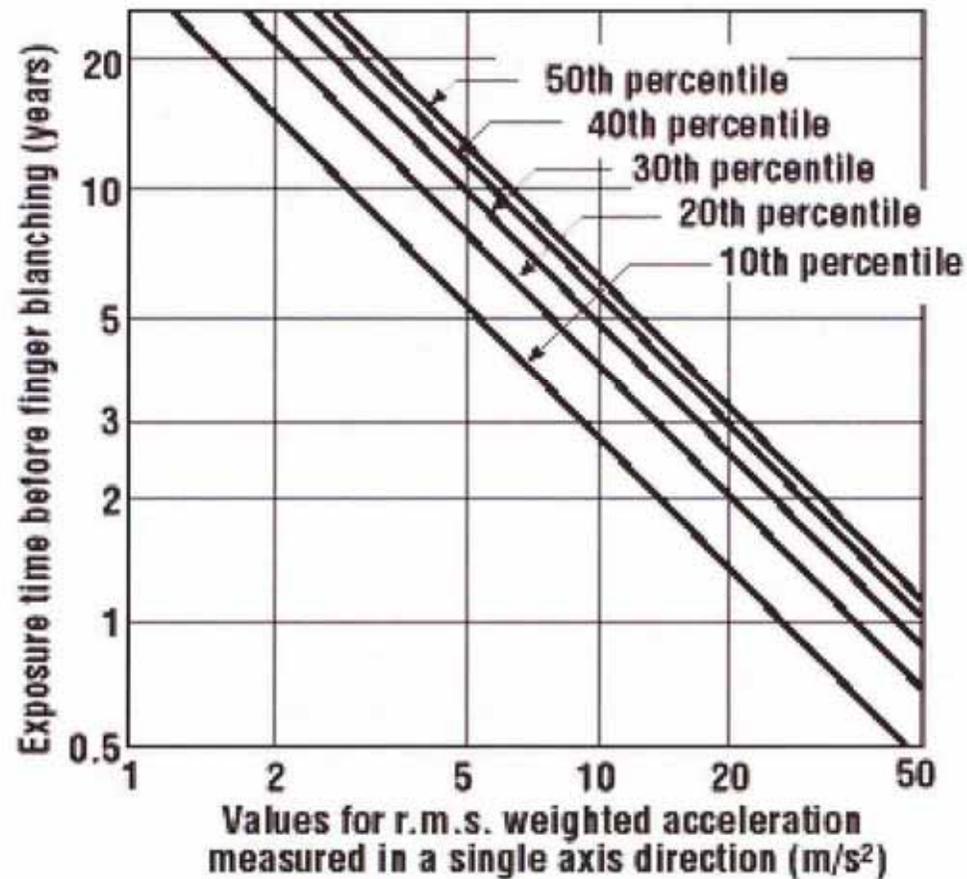
FASE IPEREMICA E CIANOTICA

RISOLUZIONE





Epidemiologia della sindrome di Raynauld



Patologie da vibrazioni

L'angiopatia da microtraumatismo vibratorio è, in ordine di frequenza, la quarta malattia professionale indennizzata dall'INAIL in Italia.

Normativa



Normativa precedente

D.P.R. 303/56 “norme generali per l’igiene del lavoro”

Art. 33

Visite mediche preventive e periodiche

Voce 48 della Tabella allegata

Causa del rischio: “Vibrazioni e scuotimenti”

Categorie di lavoratori: “Lavoratori che impiegano utensili ad aria compressa o ad asse flessibile”

Periodicità delle visite: “Annuale”

Normativa precedente

Direttiva 2002/44/ce

E' stata recepita col **D.lgs 187/2005** pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 21 settembre (entrato in vigore il *6 ottobre 2005 con abrogazione dell'art. 24 del DPR 303/56*) e prescrive le misure per la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori esposti a rischi derivanti da vibrazioni meccaniche. per ciò che concerne gli obblighi di misurazione e valutazione l'art. 13 I° comma differisce il loro adempimento al *1 gennaio 2006*.

D.Lgs 81/2008

- **Si applica a tutti i settori lavorativi, con alcune deroghe per la navigazione marittima ed aerea**
- **Definisce le tipologie vibrazioni: mano braccio e corpo intero**
- **Stabilisce i valori limite di esposizione**
- **Stabilisce i valori di azione**
- **Stabilisce gli obblighi per i datori di lavoro**
- **Stabilisce le sanzioni**

D.Lgs 81/2008

Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio

“Le vibrazioni che, se trasmesse al sistema mano-braccio, comportano un rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici o muscolari”

Vibrazioni trasmesse al corpo intero

“Le vibrazioni che, se trasmesse al corpo intero, comportano un rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare lombalgie e traumi al rachide”

Valore di esposizione che fa scattare l'azione

- Vibrazioni mano-braccio: $A(8)=2.5 \text{ m/s}^2$
- Vibrazioni al corpo intero: $A(8)=0.5 \text{ m/s}^2$

Valore limite di esposizione

- Vibrazioni mano-braccio: $A(8)=5 \text{ m/s}^2$
- Vibrazioni al corpo intero: $A(8)=1.00 \text{ m/s}^2$

D.Lgs 81/2008

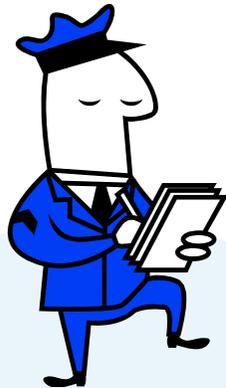
“Il datore di lavoro” :

- ▶ sottopone a revisione la valutazione dei rischi effettuata almeno ogni 4 anni;
- ▶ sottopone a revisione le misure predisposte per eliminare o ridurre i rischi;
- ▶ tiene conto del parere del MC nell’attuazione delle misure necessarie per eliminare o ridurre il rischio;
- ▶ prende misure affinché sia effettuata una visita medica straordinaria per tutti i lavoratori che hanno subito un’esposizione simile”

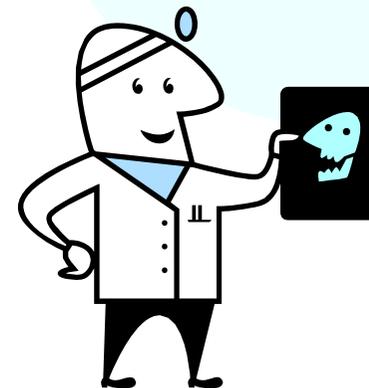
D.Lgs 81/2008

“I lavoratori esposti a livelli di **vibrazioni superiori ai valori di azione** sono sottoposti a sorveglianza sanitaria. La sorveglianza sanitaria viene effettuata periodicamente, di norma una volta all’anno o con periodicità diversa decisa dal MC con adeguata motivazione riportata nel documento di valutazione dei rischi e resa nota ai rappresentanti per la sicurezza dei lavoratori in funzione della valutazione del rischio”.

D.Lgs 81/2008

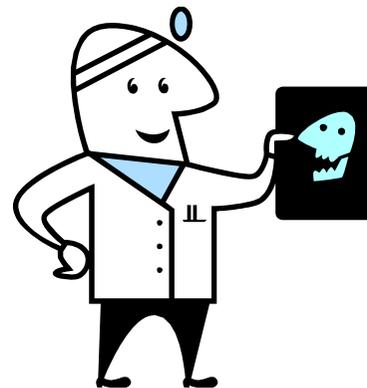


- ▶ “L’organo di vigilanza, con provvedimento motivato, può disporre contenuti e periodicità della sorveglianza sanitaria diversi rispetto a quelli forniti dal medico competente”.



D.Lgs 81/2008

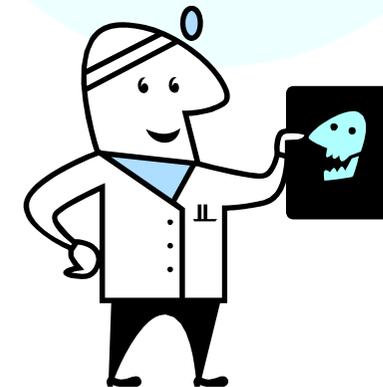
“Nel caso in cui la sorveglianza sanitaria riveli, in un lavoratore, l'esistenza di anomalie imputabili ad esposizione a vibrazioni, il MC informa il datore di lavoro di tutti i dati significativi emersi dalla sorveglianza sanitaria tenendo conto del segreto medico”.

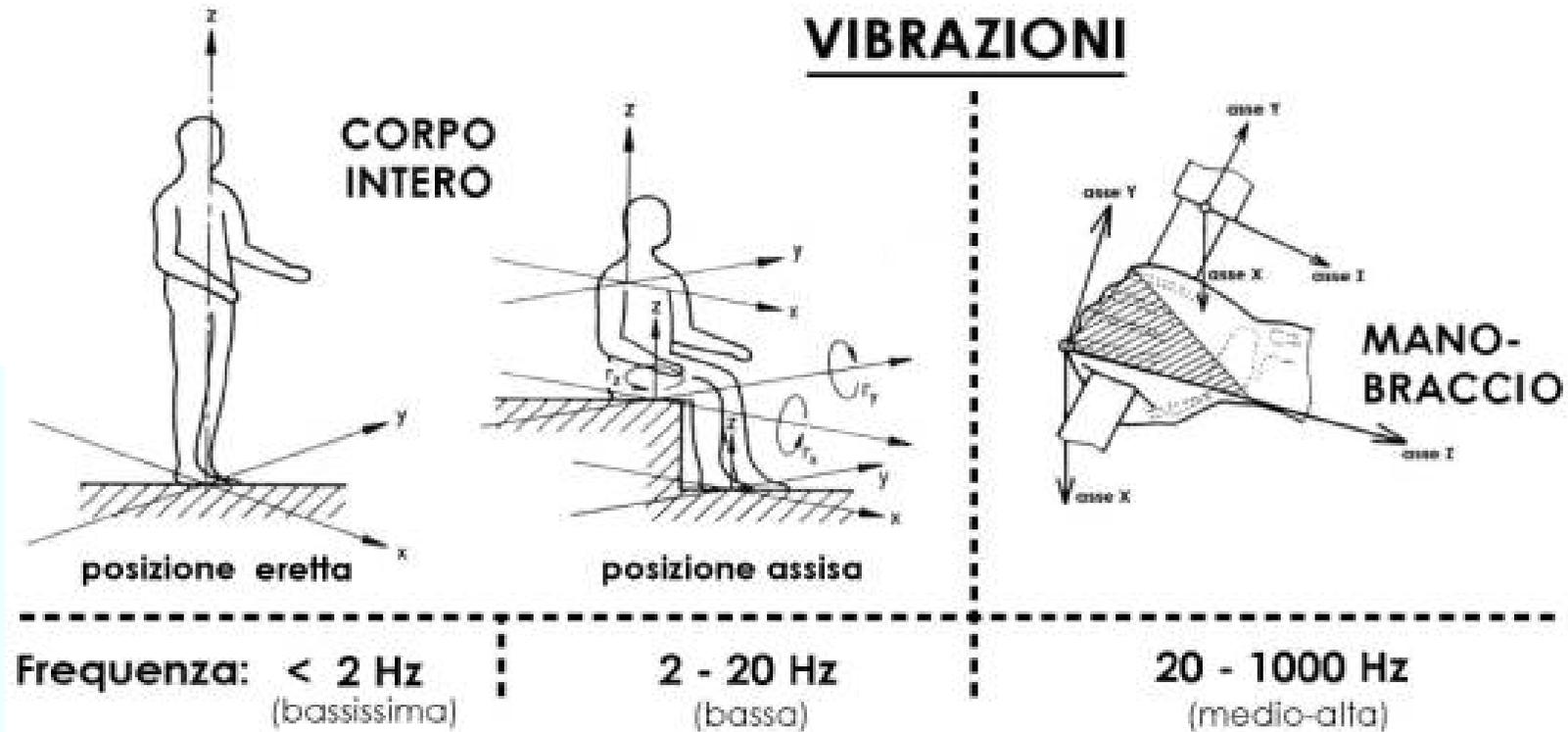


D.Lgs 81/2008

“IL MC, per ciascuno dei lavoratori provvede ad istituire e aggiornare una cartella sanitaria e di rischio

Nella cartella sono, tra l'altro, riportati i valori di esposizione individuali comunicati dal datore di lavoro per il tramite del servizio di prevenzione e protezione”.





ISO 2631: corpo intero

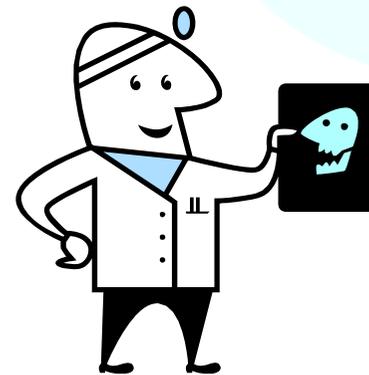
ISO 5349 : mano-braccio

Obiettivi della sorveglianza sanitaria nei lavoratori esposti a vibrazioni

- ▶ Informazione e formazione dei lavoratori sui potenziali rischi associati all'esposizione a vibrazioni meccaniche
- ▶ Valutazione dello stato di salute generale dei lavoratori
- ▶ Individuazione precoce dei sintomi e segni clinici che possono essere causati dall'esposizione a vibrazioni meccaniche

Programma di sorveglianza sanitari nei lavoratori esposti a vibrazioni

- ▶ Visita medica preventiva
- ▶ Visita medica periodica
- ▶ Eventuali accertamenti specialistici clinici e di laboratorio per la diagnosi differenziale
- ▶ Istituzione e aggiornamento della cartella sanitaria e di rischio
- ▶ Redazione con periodicità regolare di un rapporto sotto forma di riepilogo epidemiologico di dati anonimi



Giudizio di idoneità lavorativa

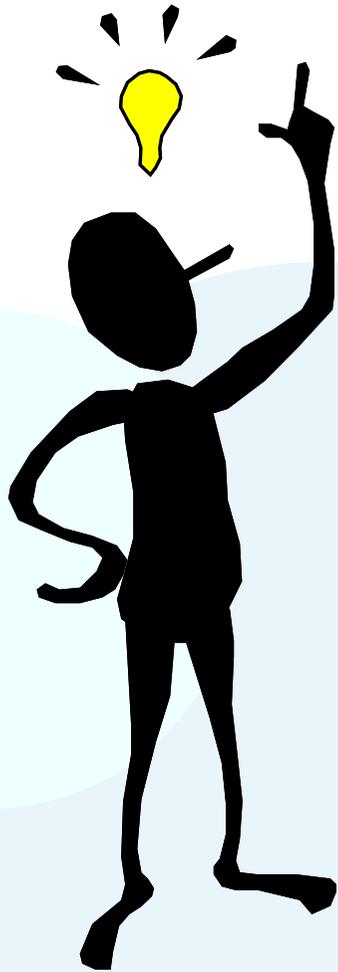
- ▶ Liste di condizioni patologiche che possono determinare sia un aumentato rischio di occorrenza di lesioni da vibrazioni sia costituire controindicazioni temporanee o permanenti all'esposizione prolungata a vibrazioni
- ▶ Misure di prevenzione primaria (**ISO 5349-1: 2004; ISO 2631:2008; Direttiva EU Vibrazioni**)
- ▶ Misure di prevenzione secondaria (es. guanti anti - vibrazioni, **EN ISO 10819:1996**)

Valutazione del rischio

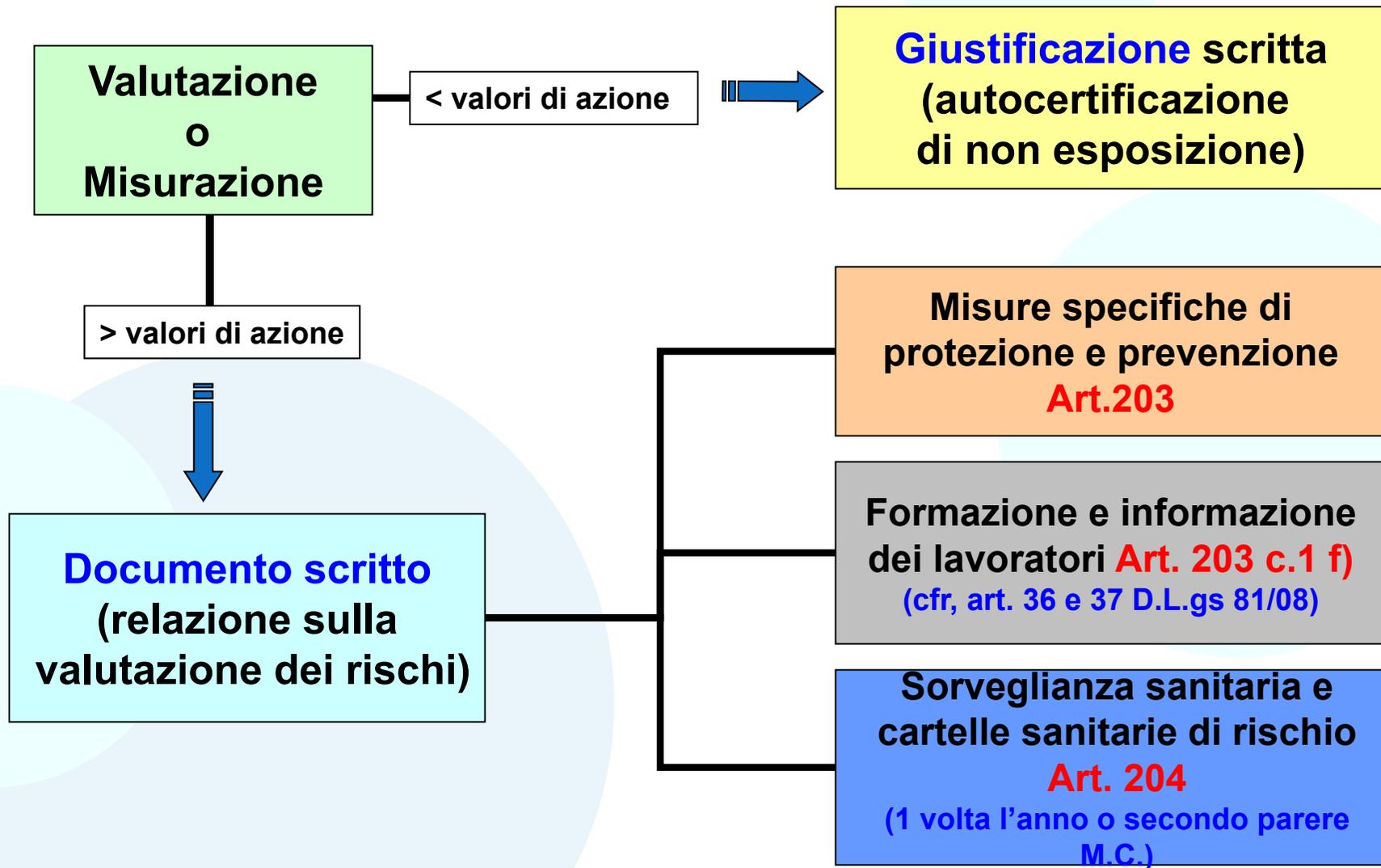
Valutazione del rischio

- ▶ Identificare le operazioni lavorative comportanti l'esposizione a vibrazioni
- ▶ Valutare i tempi di esposizione effettiva a vibrazioni associati a ciascuna operazione
- ▶ Individuare la tipologia dei macchinari che espongono a vibrazioni (fisse o mobili)
- ▶ Identificare le condizioni operative che possono aumentare l'esposizione a vibrazioni e/o incrementarne i potenziali effetti dannosi quali la postura, la vetustà del macchinario, lo stato di manutenzione della macchina, altri fattori di rischio per la colonna vertebrale (es. MMC), ecc.

“Giustificazione” art. 181 comma 3



..... La valutazione dei rischi è riportata sul documento di valutazione di cui all'articolo 28, essa può includere **una giustificazione** del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata.



Valutazione del rischio

Per la valutazione del rischio di esposizione alle vibrazioni meccaniche il decreto legislativo obbliga il datore di lavoro ad eseguire misurazioni strumentali in proprio soltanto nei casi in cui non siano disponibili presso banche dati accreditate informazioni relative ai livelli di vibrazione.

Art. 205 (“*valutazione dei rischi*”) “***il datore di lavoro valuta e, nel caso non siano disponibili informazioni relative ai livelli di vibrazione presso banche dati dell'ISPESL*** (La banca dati vibrazione è stata aggiornata e da luglio 2012 è disponibile sul Portale Agenti Fisici: www.portaleagentifisici.it N.d.r.), ***delle Regioni o del CNR o direttamente presso i produttori o fornitori, misura i livelli di vibrazioni meccaniche a cui i lavoratori sono esposti***”

Valutazione del rischio

La banca dati fornisce due tipologie di dati:

- i valori di emissione dichiarati dal produttore ai sensi della Direttiva Macchine
- i valori di vibrazione misurati in campo secondo specifici standard internazionali di misura (3,4).

Quando NON usare i dati forniti dal costruttore ai fini della valutazione del rischio

Non potranno essere utilizzati i dati forniti dal costruttore e le metodiche semplificate di stima del rischio descritte nel presente paragrafo se:

- il macchinario non è usato in maniera conforme a quanto indicato dal costruttore;
- il macchinario non è in buone condizioni di manutenzione;
- il macchinario è usato in condizioni operative particolari e differenti da quelle indicate dal costruttore in sede di certificazione;
- il macchinario non è uguale a quello indicato in banca dati (differente marca – modello)

Valutazione del rischio

Di contro è altamente sconsigliato utilizzare i dati misurati in campo riportati nella Banca Dati qualora:

- il macchinario non è usato nelle condizioni operative indicate nella scheda descrittiva delle condizioni di misura della Banca Dati
- il macchinario non è in buone condizioni di manutenzione
- il macchinario non è uguale a quello indicato in banca dati (differente marca – modello)
- nel caso di esposizione al corpo intero: differenti caratteristiche del fondo stradale, velocità di guida, tipologia di sedili montati possono incidere sui livelli di esposizione prodotti da macchinari – anche se dello stesso tipo.

In generale, in tutti i casi in cui è ipotizzabile che l'impiego Banca Dati possa portare ad una sottostima del rischio – soprattutto in relazione alle misure di tutela da mettere in atto per i lavoratori- sarà necessario ricorrere a misurazione diretta dell'esposizione a vibrazione nelle effettive condizioni di impiego dei macchinari.

Scheda Macchinario



Marca: AIRMARTIN

Modello: MW-5128V1

Tipologia: Avvitatori e cacciaviti (diritti, a pistola, angolari, ad impulso o a cricchetto)

Costruito nel 2007

Peso: 1.94 Kg

Alimentazione: Pneumatica

Misure sul Campo (Clicca per visualizzare le misure in campo)

LAVORAZIONE: AVVITATURA, SVITATURA
 MATERIALE LAVORATO: Bulloneria metallica
 ACCESSORIO: Inserto a chiave
 COMPARTO: Autoveicoli e altri veicoli

8.1 m/s²

Referente: Iole Pinto - Nicola Stacchini AUSL 7 Siena - Laboratorio Agenti Fisici (i.pinto@usl7.toscana.it)
 Luogo: Poggibonsi (SI) in data 2007-05-24
 Caratteristiche accessorio: chiave per bulloni NOTE: fissaggio del pianale (camper su ponte sollevatore)

Condizioni di misura



Condizione lavorativa

Valore da utilizzare ai fini della valutazione dei rischi

Valori relativi all'impugnatura a maggiore esposizione (Posteriore)

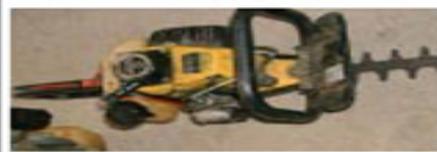
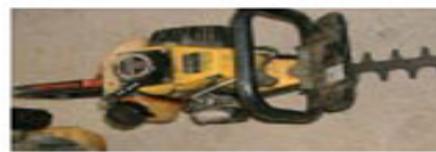
A _{hx} (Media aritmetica) 4.5	A _{hy} (Media aritmetica) 2.8 m/s²	A _{hz} (Media aritmetica) 3.9 m/s²	A _{hv sum} 6.6 m/s²
Deviazione standard 0.44 m/s²	Deviazione standard 0.96 m/s²	Deviazione standard 0.47 m/s²	Deviazione standard x 1,645: 1.45 m/s²
Media aritmetica + Deviazione standard: 4.9 m/s²	Media aritmetica + Deviazione standard: 3.8 m/s²	Media aritmetica + Deviazione standard: 4.4 m/s²	A _{hv sum} + (Dev. std. x 1,645): 8.1 m/s²

LAVORAZIONE: AVVITATURA, SVITATURA
 MATERIALE LAVORATO: Bulloneria metallica
 ACCESSORIO: Inserto a chiave
 COMPARTO: Autoveicoli e altri veicoli

5.7 m/s²

Da Inail-Toscana

	Brigg & Stratton Q55	Bertolini – Lombardini 6LD	Bertolini – Lombardini 6LD
Tosaerba quattro tempi e diesel			
massa Kg			
impugnatura	centrale	destra	sinistra
Cilindrata cc.		359	359
potenza KW		6	6
età anni			
utensile		rasaerba	rasaerba
note		Molre Lombardini 359 CC	Motore Lombardini 359 CC
materiale	Erba verde	Erba verde	Erba verde
misure	15/04/2002 DG DM	15/04/2002 DG DM	15/04/2002 DG DM
x (wh) m/s ²	3,19	8,12	8,31
y (wh) m/s ²	5,37	5,24	3,80
z (wh) m/s ²	3,27	4,31	3,89
a _{rw} m/s ²	7,10	10,58	9,93
audio dB(A)	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile

	Kawasaki TG 18 a scoppio	Kawasaki TG 18 a scoppio	Soffiatore Shindaiwa
Tagliasiepe e soffiatore			
massa Kg	5,2	5,2	9
impugnatura	Destra (posteriore)	Sinistra (anteriore)	Destra
Cilindrata cc.	18,4	18,4	62
potenza KW	0,6	0,6	2,9
età anni	- 10	- 10	
utensile	Lama a pettine	Lama a pettine	
note	Assenza di antivibranti	Assenza di antivibranti	A regime
materiale	Erba verde	Erba verde	
misure	15/04/2002 DG DM	15/04/2002 DG DM	25/8/04 DG DM
x (wh) m/s ²	12,8	6,16	0,32
y (wh) m/s ²	7,07	19,9	1,15
z (wh) m/s ²	5,95	6,68	0,716
a _{rw} m/s ²	15,8	21,9	1,39
audio dB(A)	Non disponibile	Non disponibile	Misura non disponibile

Da Inail-Toscana

	FIAT 690	IVECO 190-36	MAN 13-224
autocarri			
massa Kg			
potenza KW	132	265	162
età anni	37	10	2
Peso pc Kg		19000	12000
lavorazione o note	Trasporto materiali su strada sterrata vel. ridotta	Trasporto materiali su strada sterrata	Trasporto materiali su strada ed autostrada
sedile	Rigido usurato	ammortizzato	Ammortizzato
terreno	Poco sconnesso	Poco sconnesso	Asfaltato
misure	29/1/03 DG DM	28/5/04 DG DM	27/7/04 DM
x (wd) m/s ²	0,139	0,305	0,106
y (wd) m/s ²	0,178	0,440	0,152
z (wk) m/s ²	0,302	0,603	0,555
a _w m/s ²	0,30	0,62	0,56
audio dB(A)	90,7 (a finestrino aperto)	71,3 (a finestrino aperto)	non disponibile

	FIAT Ducato 1,9 D	Mercedes 8/15	Mitsubishi papero 2,5 TD
Furgone autobus e fuoristrada			
massa Kg			1600
potenza KW			
età anni	15	2	15
Peso pc Kg	3500		
lavorazione o note	Trasporto strade extraurbane	Trasporto strade extraurbane	Trasporto persone su piste sterrate in cava
sedile	Serie tipo automobilistico	Serie tipo automobilistico	Serie tipo automobilistico
terreno	Asfaltato	Asfaltato	estremamente sconnesso
misure	27/5/04 DG DM EM	27/5/04 DG DM EM	21/7/04 DG DM
x (wd) m/s ²	0,145	0,131	0,332
y (wd) m/s ²	0,146	0,172	0,384
z (wk) m/s ²	0,513	0,430	0,852
a _w m/s ²	0,51	0,43	0,85
audio dB(A)	73,2	75,2	72,1

Strumenti per la valutazione del rischio

Le misurazioni delle vibrazioni sono effettuate per mezzo di uno strumento chiamato accelerometro, applicato all'impugnatura o al sedile della macchina utilizzata.

Dalla lettura e dalla interpretazione della misurazione viene ottenuta l'«accelerazione equivalente», valore medio che tiene conto delle variazioni di frequenza e di intensità delle vibrazioni durante il tempo di misura ritenuto rappresentativo della lavorazione.

Da questa si calcola quindi il valore complessivo dell'accelerazione equivalente, relativo alle otto ore lavorative.

Valutazione del rischio

Il tempo totale di misura, (numero di campioni acquisiti moltiplicato per il tempo di durata dell'acquisizione di ciascun campione) dovrebbe essere almeno pari ad un minuto.

E' in genere preferibile acquisire un maggior numero di campioni di breve durata, piuttosto che un minor numero di campioni di lunga durata, e ciò per minimizzare l'effetto di possibili fattori interferenti sul segnale acquisito e garantire una migliore precisione di misura.

Alcuni esempi dei livelli di rischio nel settore trasporti

Camionisti e conduttori di pullman	0,3-0,7 ms ²
Conduttori di autocarri	0,4-0,9 ms ²
Autisti ed altri mezzi stradali	0,5 ms ²
Conduttori di ciclomotori	0,6-0,8 ms ²
Macchinisti ferroviari	0,11- 0,60 ms ²
Conduttori di mezzi agricoli	0,3 - 0,5 ms ²
Conduttori mezzi agricoli veloci gommati	0,8 - 2,2 ms ²
Conduttori di macchine movimento terra	0,3 - 0,9 ms ²
Conduttori piccoli scavatori	1,15 ms ²
Magazzinieri e conduttori di carrelli elevatori (portata 15 a 50 Ton.)	0,2 - 0,5 ms ²
Magazzinieri e conduttori di carrelli elevatori modelli più piccoli (1 – 5 Ton.)	0,4 - 0,8 ms ²
mezzi particolari (ad esempio spazzatrici o compattatori della nettezza urbana)	0,5 - 1,1 ms ²
INAIL: "100 misure di vibrazioni in ambito lavorativo"	

Accelerometro





IL MISURATORE DELLA ESPOSIZIONE ALLE VIBRAZIONI LARSON DAVIS HVM100.

Accelerometri triassiali



Mano- braccio



Corpo intero

VIBROMETRI O ACCELEROMETRI

Il **Vibrometro** è lo strumento per la misura delle vibrazioni emesse da un mezzo

Un **accelerometro** è uno strumento di misura in grado di rilevare e/o misurare l'accelerazione.

Negli ultimi anni l'importanza di questi sensori è notevolmente accresciuta, questo perché, accanto alle tradizionali applicazioni in ambito scientifico e aerospaziale, si è sviluppato il loro uso in molti campi civili (automobilistico, testing, analisi meccanica, ludico, eccetera).

Il principio di funzionamento è il medesimo: si basa sulla rilevazione dell'**inerzia** di una **massa** quando viene sottoposta ad una accelerazione.

L'accelerazione viene rilevata mediante un **sensore suscettibile alla variazione di spostamento** rispetto alla struttura fissa del dispositivo.



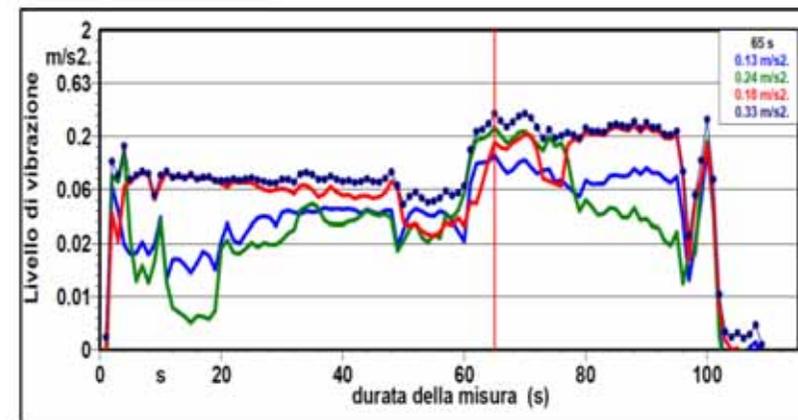
VIBROMETRI O ACCELEROMETRI

In presenza di un'accelerazione, **la massa** (che è dotata di una propria inerzia) **si sposta dalla propria posizione di riposo in modo proporzionale all'accelerazione rilevata.** Il **sensore trasforma questo spostamento in un segnale elettrico** acquisibile dai moderni sistemi di misura.



La normativa di riferimento per la strumentazione dedicata alle misure di vibrazione sul corpo umano è la **ISO 8041**

Per ciascun asse deve essere misurato il profilo temporale del livello di vibrazione campioni, ciascuna con i rilievi sugli assi X, Y, Z.

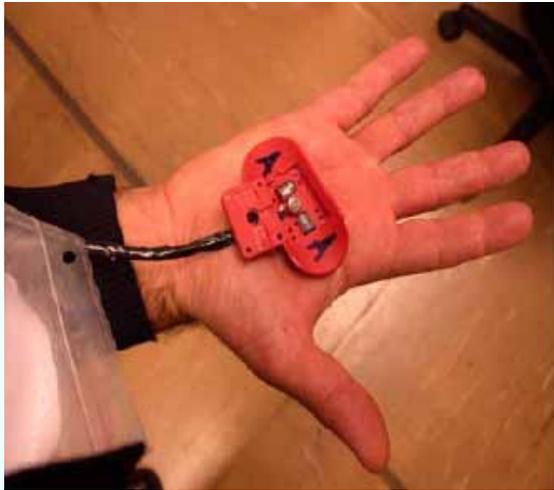


Esempio di misurazione WBV



Le misure di vibrazioni ed i relativi sensori

Tipi di adattatori con montati, gli accelerometri e loro posizionamento sulla mano dell'operatore e sul sedile per le rilevazioni di vibrazioni al sistema mano-braccio o corpo intero



A partire dai livelli di emissione delle vibrazioni stimati o direttamente misurati, la valutazione del livello di esposizione:

alle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio si basa principalmente sul calcolo del valore dell'esposizione giornaliera normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, $A(8)$, calcolato come radice quadrata della somma dei quadrati (valore totale) delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali:

$$A(8) = A_{w\text{sum}} \sqrt{\frac{T_e}{8}} \quad (\text{m/s}^2) \quad (3)$$

T_e = durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni (ore)

$$A(w)\text{sum} = (a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2)^{1/2}$$

a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} : =valori r.m.s. dell'accelerazione ponderata in frequenza (in m/s^2) lungo gli assi x , y , z (ISO 5349-1: 2004)

Nel caso di attrezzature che devono essere tenute con entrambe le mani, la misurazione va eseguita su ogni mano; l'esposizione è determinata facendo riferimento al più alto dei due valori; deve essere inoltre fornita l'informazione relativa all'altra mano.

Qualora il lavoratore sia esposto a differenti valori di vibrazioni, come nel caso di impiego di più utensili vibranti nell'arco della giornata lavorativa, o nel caso dell'impiego di uno stesso macchinario in differenti condizioni operative, l'esposizione quotidiana a vibrazioni $A(8)$, in m/s^2 , sarà ottenuta mediante l'espressione:

$$A(8) = \sqrt{\sum_{i=1}^n A_{8_i}^2} \quad (m/s^2)$$

A_{8_i} = $A(8)$ parziale relativo all'operazione i-esima: $A_{(w)sum} = \sqrt{\frac{T_{e_i}}{8}}$

T_{e_i} = tempo di esposizione relativo alla operazione i-esima (ore)

$A_{(w)sum_i}$ = $A(w)_{sum}$ associata all'operazione i-esima

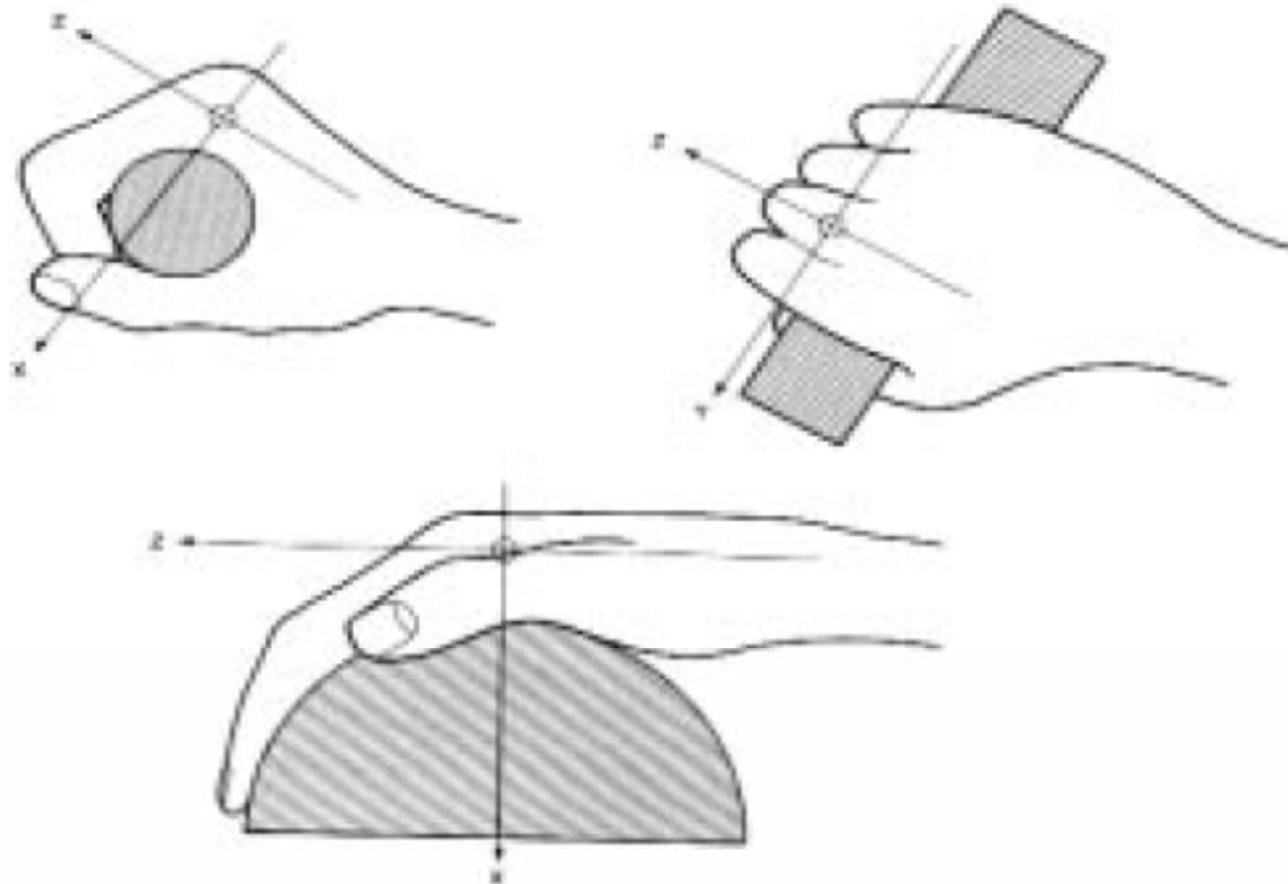


Figura 1 - definizione degli assi di misura (ISO 5349)

Alle vibrazioni trasmesse al corpo intero si basa sul calcolo dell'esposizione giornaliera $A(8)$ espressa come l'accelerazione continua equivalente su 8 ore, calcolata come il più alto dei valori quadratici medi delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali (1,4 a_{wx} , 1,4 a_{wy} , 1 a_{wz} , per un lavoratore seduto o in piedi);

Te: durata complessiva giornaliera di esposizione a vibrazioni (ore)

$$A(8) = A(w \max) \times (Te/8)^{1/2}$$

**$A(w \max)$: Valore massimo tra 1.4 a_{wx} ; 1.4 a_{wy} ; a_{wz} (per una persona seduta)
 a_{wx} ; a_{wy} ; a_{wz} : valori r.m.s dell'accelerazione ponderata in frequenza (in m/s^2) lungo gli assi x, y, z (ISO 2631-1: 2008)**

Nel caso in cui il lavoratore sia esposto a differenti valori di vibrazioni, come nel caso di impiego di più macchinari nell'arco della giornata lavorativa, o nel caso dell'impiego di uno stesso macchinario in differenti condizioni operative, l'esposizione quotidiana a vibrazioni $A(8)$, in m/s^2 , sarà ottenuta mediante l'espressione:

$$A(8) = \left[\sum_{i=1}^N A_{8i}^2 \right]^{1/2} (m/s^2)$$

A_{8i} : $A(8)$ parziale relativo all'operazione i -esima

$$A_{8i} = A(w_{maxi}) \sqrt{\frac{T_{ei}}{8}}$$

T_{ei} : tempo di esposizione relativo alla operazione i -esima (ore)

$A(w_{maxi})$: $A(w_{max})$ associata all'operazione i -esima

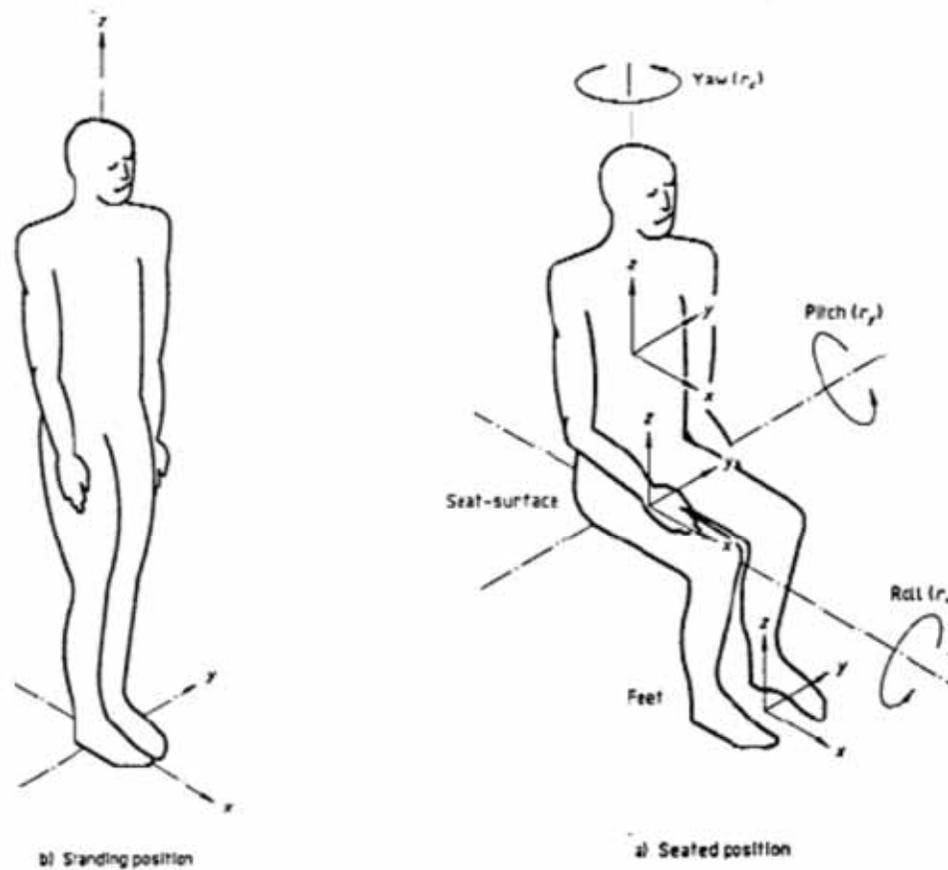


Figura 3 - Definizione degli assi di riferimento ai fini della misura dell'esposizione

Esempi di calcolo di A(8)

Caso 1): Impiego di un unico strumento vibrante (es.: motosega) noto il tempo effettivo di esposizione (Te).

$$A_{sum} = 7 \text{ m/s}^2 \quad T_e = 4 \text{ h}$$

$$A(8) = A_{sum} (4/8)^{1/2} = A_{sum} 0.7 = 7 \cdot 0.7 = 4.9 \text{ m/s}^2 \text{ } \dot{\text{A}} \text{ } 5 \text{ m/s}^2$$

Caso 2): Calcolo dell'esposizione giornaliera A(8) nel caso di esposizioni dovute alle seguenti fasi di lavoro:

fase 1: Martello scalpellatore: $A_{sum,1} = 14 \text{ m/s}^2$ $T_1 = 0.5 \text{ h}$

fase 2: Levigatrice roto-orbitale: $A_{sum,2} = 4 \text{ m/s}^2$ $T_2 = 3 \text{ h}$

fase 3: Smerigliatrice: taglio: $A_{sum,3} = 6 \text{ m/s}^2$ $T_3 = 1 \text{ h}$

$$T_e = 0.5 + 3 + 1 = 4.5 \text{ h}$$

$$A(T_e) = A(4.5) = \{[(14^2 \cdot 0.5) + (4^2 \cdot 3) + (6^2 \cdot 1)]/4.5\}^{1/2} = 6.35 \text{ m/s}^2$$

$$A(8) = 6.35 (4.5/8)^{1/2} = 6.35 \cdot 0.75 = 4.76 \text{ m/s}^2 \text{ } \dot{\text{A}} \text{ } 5 \text{ m/s}^2$$

Esempio

*Livello di esposizione giornaliera alle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio (livello di azione $A(8)=2,5 \text{ m/s}^2$, valore limite $A(8)=5 \text{ m/s}^2$)
 T_{ei} = tempo di utilizzo*

ATTREZZATURA	$A_{W \text{ SUM}} \text{ (m/s}^2\text{)}$	T_{ei} (min/giorno)	A_{8i} (m/s ²)	$A_8 \text{ (m/s}^2\text{)}$
MANUTENTORE MECCANICO				
Tassellatore Hilti TE 6-C	9,7dx - 9,6sx	5	0,99	2,25
Seghetto alternativo Makita 4300BVI	6,6	2	0,43	
Avvitatore De Walt DW 290	2,7	5	0,28	
Smerigliatrice Bosch GWS 20-230	19,1dx - 4,5sx	5	1,95	
Sega a nastro Femi NG 160	1,6	5	0,16	
MANUTENTORE ELETTRICO				
Tassellatore Hilti TE 6-C	9,7dx - 9,6sx	10	1,4	1,56
Seghetto alternativo Makita 4300BVI	6,6	5	0,67	
Sega a nastro Femi NG 160	1,6	5	0,16	
MUGNAIO, CALCIMETRISTA, ADDETTO INSACCO				
Demolitore Makita HN 1100C	16,1dx- 8,9sx-7,1sx	10	2,32	2,32

Esempio

Livello di esposizione giornaliera alle vibrazioni trasmesse al corpo intero (livello di azione $A(8)=0,5 \text{ m/s}^2$, valore limite $A(8)=1,15 \text{ m/s}^2$)

Tei = tempo di utilizzo

MACCHINA	$A_{W \text{ MAX}}$ (m/s^2)	Tei (min/giorno)	A_{8i} (m/s^2)	A_8 (m/s^2)
MUGNAIO, CALCIMETRISTA				
Pala gommata Caterpillar 916	0,56-0,84- 0,84-0,84- 1,26-1,12 (media =0,91)	30	0,23	0,27
Pala compatta Caterpillar CGT 2C41	0,8	6	0,09	
Carrello elevatore Caterpillar V80	1,2	5	0,12	
CARRELLISTA				
Carrello elevatore Hyster J 3,0	0,51	145	0,28	0,39
Carrello elevatore Linde E30	0,3-0,7 (media=0,5)	145	0,27	
Motospazzatrice Dulevo 20	0,56	5	0,057	

Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (w.B.V.)

La valutazione del livello di esposizione alle vibrazioni si basa sul calcolo dell'esposizione giornaliera $A(8)$ espressa come accelerazione continua equivalente su 8 ore, determinata sui tre assi ortogonali ($1.4a_{wx}$, $1.4a_{wy}$, $1a_{wz}$ – per un lavoratore seduto o in piedi) conformemente ai capitoli 5, 6 e 7, all'allegato A e all'allegato B della norma ISO 2631/08.

Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (w.B.V.) Valutazione dell'esposizione

La norma ISO 2631- 1 del 2008 (**Evaluation of human exposure to whole body vibration**) fornisce degli strumenti per la valutazione dell'esposizione umana alle vibrazioni al corpo intero e sostanzialmente costituisce lo standard attualmente riconosciuto tra gli addetti ai lavori. In particolare propone alcuni metodi per la valutazione delle vibrazioni, che sono essenzialmente:

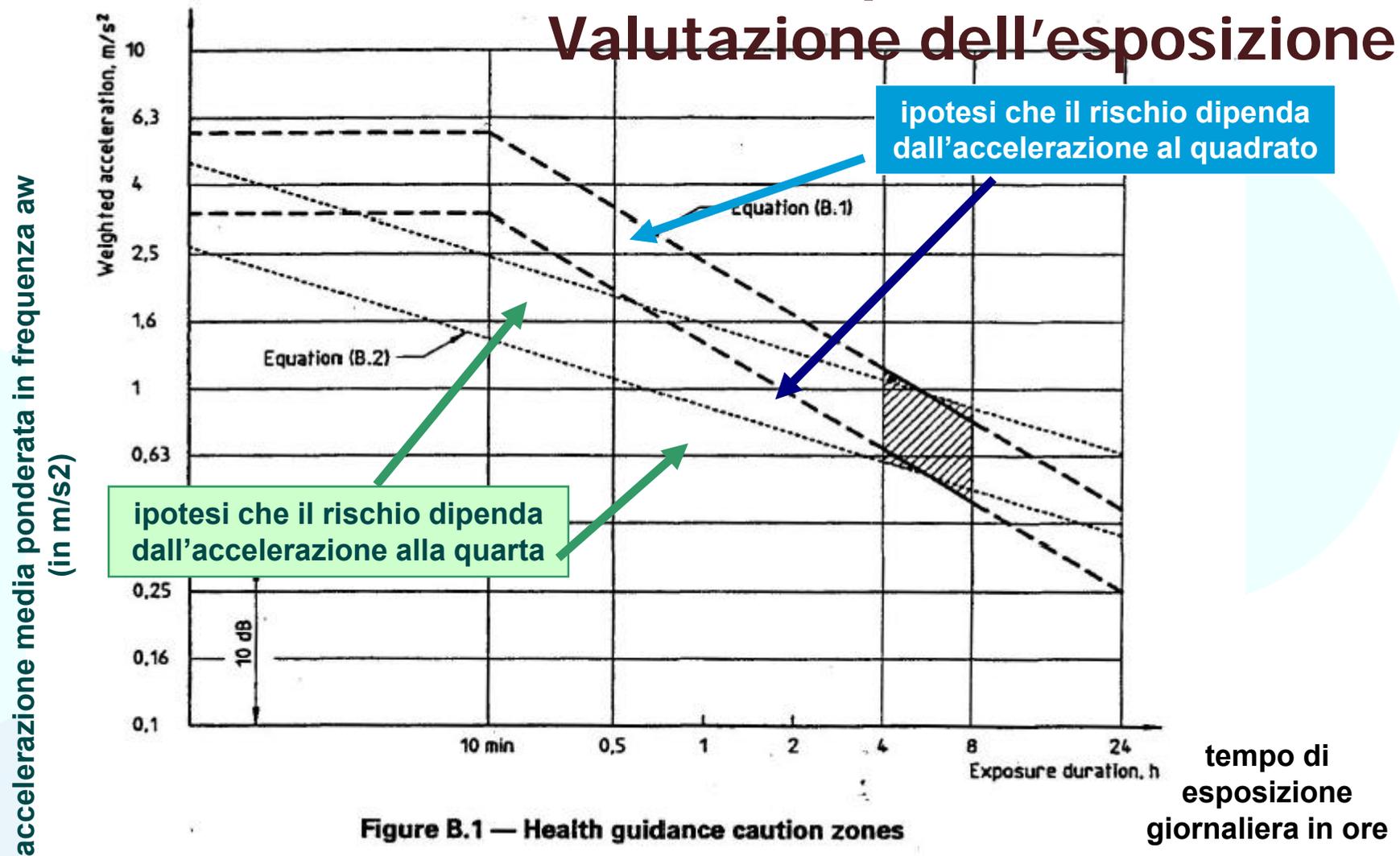
- metodo base
- metodi aggiuntivi

Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (w.B.V.) Valutazione dell'esposizione

Per quanto riguarda i danni alla salute derivanti da esposizioni a vibrazioni trasmesse a corpo intero la norma ISO 2631- 1 nell'allegato B presenta un grafico "health guidance caution zones" (Figura B.1) che fornisce delle indicazioni di massima in merito agli effetti delle vibrazioni sulla salute. Tali indicazioni si basano prevalentemente su dati relativi a risposte del corpo umano a vibrazioni trasmesse lungo l'asse "z" di persone sedute.

Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (w.B.V.)

Valutazione dell'esposizione



Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (w.B.V.) Valutazione dell'esposizione

Nel grafico, avente in ordinata l'accelerazione media ponderata in frequenza a_w (in m/s^2) ed in ascissa il tempo di esposizione giornaliera in ore, sono tracciate due coppie di curve, che sono in realtà delle iperboli in scala lineare e delle rette spezzate in scala logaritmica. Sono indicate:

- una coppia di rette tratteggiate, relative all'ipotesi che il rischio dipenda dall'accelerazione al quadrato (equazione B.1, indicata al punto B.3.1 – Allegato B della norma ISO 2631- 1);
- una coppia di rette con tratto punteggiato, relative all'ipotesi che il rischio dipenda dall'accelerazione alla quarta (equazione B.2, indicata al punto B.3.1 – Allegato B della norma ISO 2631- 1).

Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (w.B.V.)

Valutazione dell'esposizione

Per ciascuna delle due coppie di spezzate vale quanto segue:

- nel caso di esposizioni (accelerazione/tempo) al di sotto della spezzata inferiore gli effetti sulla salute non sono chiaramente documentati e/o oggettivamente osservati;
- nel caso di esposizioni (accelerazione/tempo) comprese tra le due spezzate (cioè nella cosiddetta caution zone) va adottata cautela in relazione a “rischi potenziali” per la salute;
- nel caso di esposizioni (accelerazione/tempo) al di sopra della spezzata superiore sono segnalati “rischi probabili” per la salute.

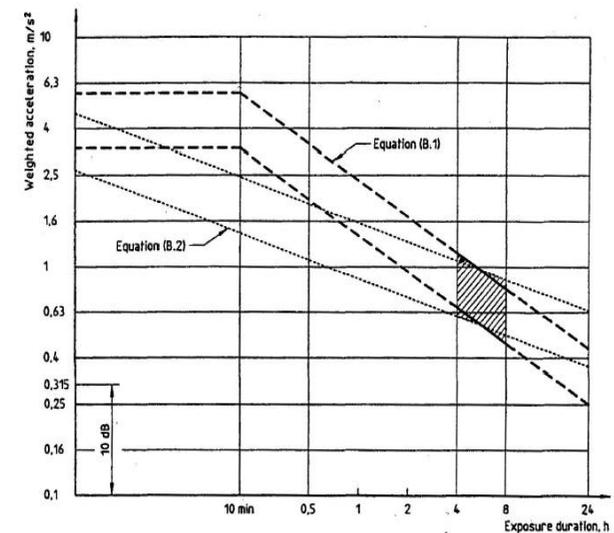


Figure B.1 — Health guidance caution zones

Prevenzione

a) di carattere tecnico rivolta allo strumento vibrante

- ▶ progettazione: peso maneggevolezza, frequenza e ampiezza delle vibrazioni, etc
- ▶ manutenzione

b) di carattere organizzativo: organizzazione del lavoro

- ▶ tempi di esposizione
- ▶ turni lavorativi
- ▶ luoghi di lavoro
- ▶ dpi (guanti ammortizzanti)

Prevenzione

c) di carattere medico: rivolta al lavoratore

- ▶ visite di assunzione
- ▶ visite periodiche (con limitazioni e prescrizioni)
- ▶ indagini strumentali

NOTA: Consigliabile ai fini preventivi l'astensione dal fumo di tabacco, la limitazione del consumo di alcool, il controllo del metabolismo lipidico e glucidico

DPI

- Devono essere omologati secondo la **UNI EN ISO 10819**
- Devono avere marcatura **CE**
- Devono essere corredati di una **scheda tecnica** contenente i dati di certificazione ed **attenuazione prodotta**
- Sono **efficaci unicamente su attrezzature con frequenze medio alte**
- La loro efficacia **non è garantita sui martelli demolitori** che emettono basse frequenze
- A parità di efficacia è bene valutare gli **aspetti ergonomici, l'isolamento termico, e la resistenza meccanica**



Guanti antivibranti:

vanno scelti in relazione al tipo di utensile e consentono una riduzione del rischio



I normali guanti di lavoro amplificano le vibrazioni!!

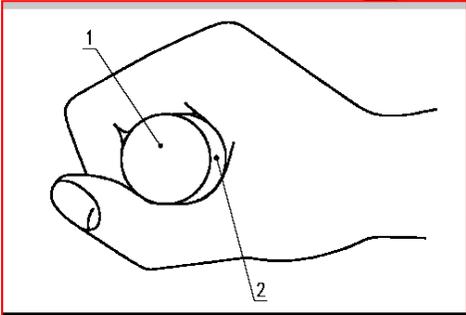
La trasmissibilità TR è data dal rapporto tra l'accelerazione ponderata misurata sull'adattatore posto nel palmo della mano nuda e l'accelerazione ponderata misurata sull'adattatore posto nel palmo della mano guantata

■ Accelerazione $a_{w,h}$
a mano nuda

÷

■ Accelerazione $a_{w,h}$
a mano guantata

=



Guanti antivibrazioni

attenuazione	frequenze	
< 10%	basse 0,1-2 Hz	
10 - 20%	medie 2-20 Hz	
40 - 60%	alte > 20 Hz	

Prestazioni dei guanti antivibrazioni

Tipologia di utensile	Attenuazione delle vibrazioni (%)
Scalpellatori e Scrostatori,	< 10%
Rivettatori	< 10%
Martelli Perforatori	< 10%
Martelli Demolitori e Picconatori	< 10%
Trapani a percussione	< 10%
Avvitatori ad impulso	< 10%
Martelli Sabbiatori	< 10%
Cesoie e Roditrici per metalli	< 10%
Levigatrici orbitali e roto-orbitali	40% - 60%
Seghe circolari e seghetti alternativi	10% - 20%
Smerigliatrici angolari e assiali	40% - 60%
Motoseghe	10% - 20%
Decespugliatori	10% - 20%

Efficacia dei guanti antivibranti secondo UNI 10819

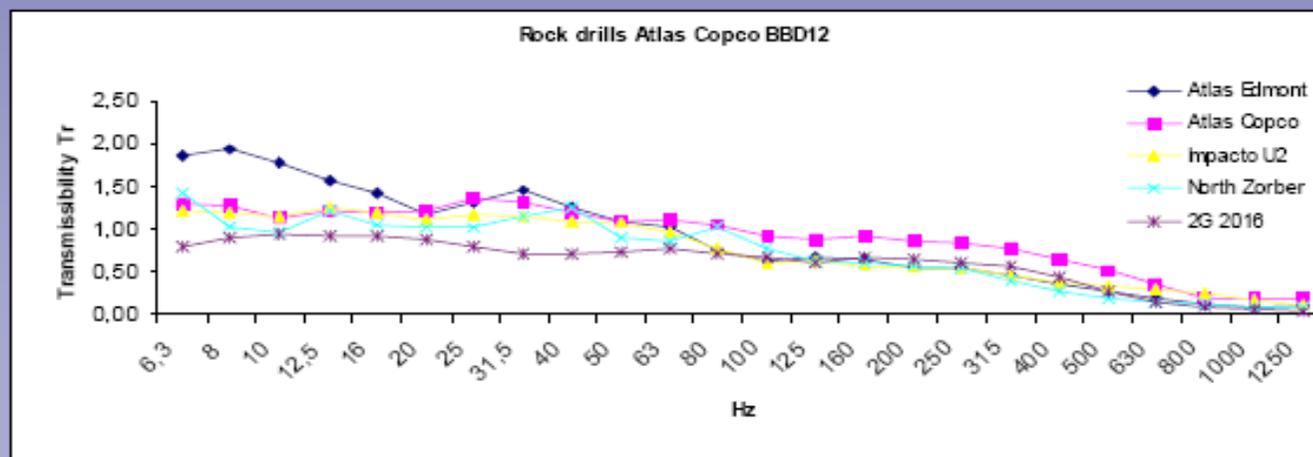
Un guanto non va considerato "guanto antivibrazione" secondo la presente norma se non rispetta entrambi i seguenti criteri:

$$\overline{TR}_M < 1,0 \text{ e } \overline{TR}_H < 0,6$$

Dove: TR_M = Trasmissibilità alle medie frequenze (31,5 – 200 Hz)
 TR_H = Trasmissibilità alle alte frequenze (200 – 1250 Hz)

Martelli demolitori e roto-perfortatori

Guanto	Attrezzo				
	Atlas Copco BBD12	Atlas Copco RH571	Atlas Copco TEX32	Boheler B190	Boheler BH16 (ergonomico)
1	1,3	1,6	1,5	1,7	
2	1,2	1,2	1,9	1,6	
3	1,1	1,1	1,3	1,3	
4	1,1	1,1	1,3	1,3	
10	0,7				0,7



1. *Vibration Control* sia sull'impugnatura centrale che su quella secondaria.

2. Dado SDS

3. Coprimola con leva di reg. rapida e con sicurezza verticale (evita che il coprimola scivoli sul disco in rotazione)

4. Impugnatura ruotabile consente di adattare la presa in funzione dell'operatore e della posizione di lavoro

5. Avvio lento con limitatore di spunto: evita contraccolpi alla partenza

6. Avvolgimenti motore corazzati contro l'abrasione della polvere di smerigliatura

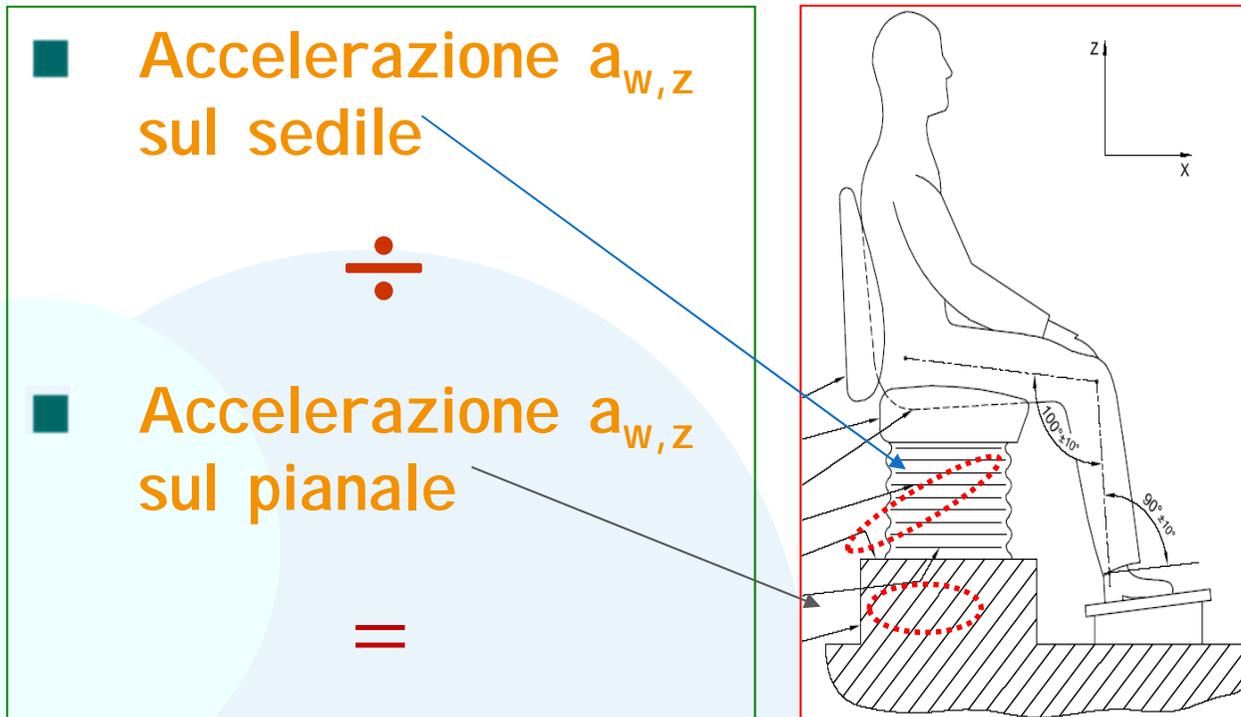
7. Potenza dei motori incrementata fino a 2600 W



Impugnatura Bosch brevettata con ammortizzazione attiva delle vibrazioni a 2 livelli



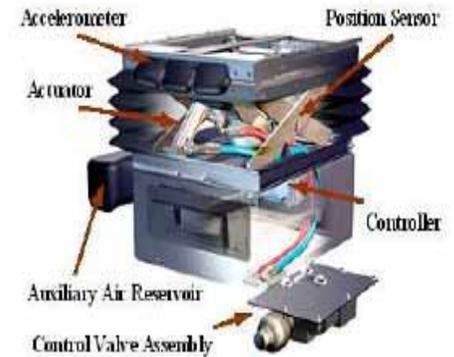
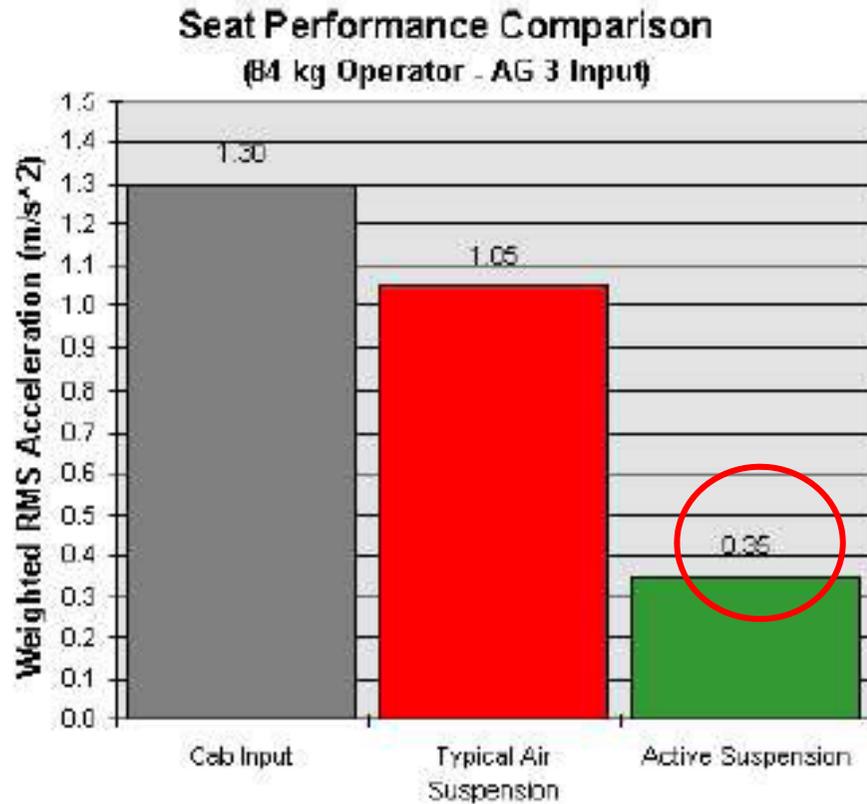
La trasmissibilità TR è data dal rapporto tra l'accelerazione ponderata misurata sul sedile e l'accelerazione ponderata misurata sul pianale



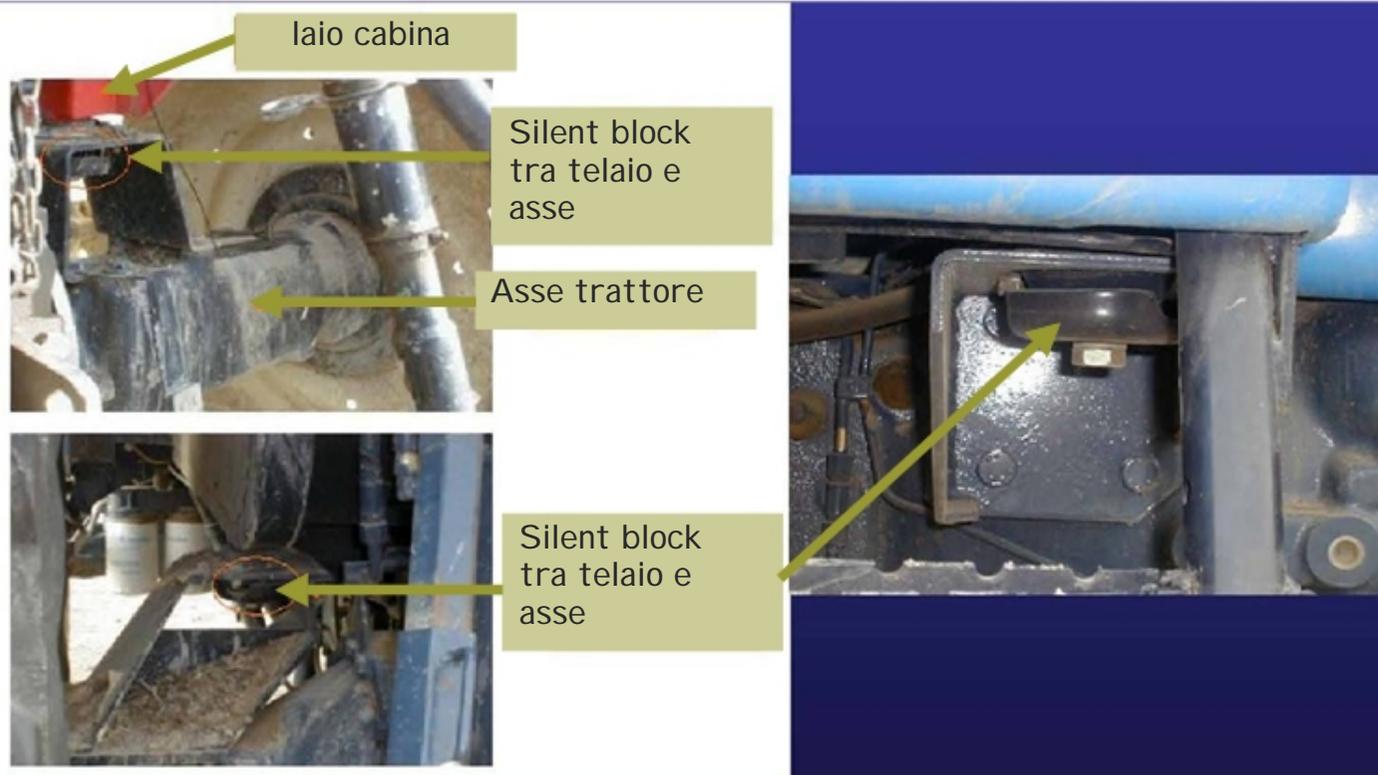
▶ I sedili normalmente montati sui mezzi in commercio **non sono generalmente adeguati** allo scopo di ridurre le vibrazioni trasmesse al conducente

▶ Nell'intervallo 1 Hz ÷ 20 Hz **amplificano** talvolta anche di un fattore **2-3 e oltre le vibrazioni**, con delle risonanze molto pericolose nella regione 2 Hz – 4 Hz in cui il corpo umano è molto sensibile.

SEDILI A CONTROLLO ATTIVO della John Deere



Silent Block



13



MSSLS

SALUTE E SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO IN SANITÀ

MASTER UNIVERSITARIO DI SECONDO LIVELLO

I EDIZIONE - ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Modulo A 2- 4.3.

Grazie

**PER LA VOSTRA CORTESE
E PAZIENTE ATTENZIONE!**

Ing. Luigi Carlo Chiarenza

E-mail: luigi.chiarenza@alice.it - Cell. 392.256.11.21

Organizzato da



In collaborazione con

