



Sicurezza degli impianti Industriali

IL RISCHIO DERIVANTE DALL'ESPOSIZIONE A VIBRAZIONI

GLI SPETTI FONOMENOLOGICI

VIBRAZIONE: Variazione con il tempo del valore di una quantità che descrive il moto o la posizione di un sistema meccanico, quando il valore è alternativamente più grande o più piccolo di un valore di riferimento

La vibrazione meccanica è il movimento oscillatorio di un corpo attorno alla posizione di equilibrio, conseguente all'azione di una forza variabile nel tempo.

Il moto di un corpo su cui agisce una forza variabile dipende dalle caratteristiche del corpo stesso ed è regolato dalla seconda legge della dinamica:

$$\text{Forza} = \text{Massa} \times \text{Accelerazione}$$

Se il corpo ha caratteristiche elastiche il moto dipende dalla pulsazione ω della forza e dalla pulsazione naturale ω_n del sistema.

In regime stazionario, escluse le fasi di avvio e di fermata, il moto risultante dipende dal rapporto ω / ω_n .

GLI SPETTI FENOMENologici

Man mano che la frequenza della forza agente si approssima alla frequenza naturale del sistema, il moto cresce in ampiezza (Risonanza)

→ La crescita in assenza di dissipazione dell'energia è teoricamente infinita con effetti potenzialmente disastrosi sui sistemi sollecitati.

Qualunque sistema dissipa per attriti interni o esterni parte dell'energia che riceve dall'esterno (**smorzamento**) con conseguente progressiva riduzione dell'ampiezza del moto nel caso di oscillazioni libere

→ Lo **smorzamento** è un elemento di notevole importanza nei casi reali, perché è sempre presente, è la causa del degrado dell'energia, è l'elemento su cui si deve agire per controllare vibrazioni indesiderate

- ammortizzatore ruote veicoli
- Impugnature utensili
- Guanti antivibranti
-

LA GRANDEZZA FISICA

La grandezza fisica preferita per descrivere la vibrazione è **l'accelerazione**, espressa in **m/s²**

Nel campo dell'igiene industriale l'intensità della vibrazione viene rappresentata mediante il **valore efficace dell'accelerazione**.

Nelle relazioni quantitative, quando si utilizza il linguaggio matematico, il valore dell'accelerazione nell'istante ***t*** viene indicato con l'espressione ***a(t)***. Il valore efficace si determina dalla radice quadrata della media dei quadrati dei valori istantanei [***a(t)*²**] in un certo intervallo di tempo **T**.

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

La misura di una grandezza variabile nel tempo è rappresentata da un valore efficace. Il tempo di integrazione **T** svolge il ruolo dell'ampiezza del campione nel calcolo del valore medio.

IL VALORE EFFICACE

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

a_w rappresenta il valore quadratico medio dell'accelerazione ponderata in frequenza, espresso in m/s²

a_w rappresenta il valore quadratico medio dell'accelerazione ponderata in frequenza, espresso in m/s²

Si assume che la durata di esposizione giornaliera richiesta per produrre i vari sintomi della sindrome mano- braccio sia inversamente proporzionale al quadrato dell'accelerazione ponderata in frequenza

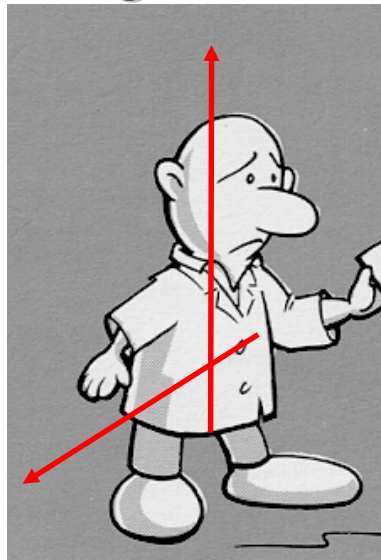
Se si dimezza l'ampiezza delle vibrazioni, allora la durata di esposizione giornaliera può essere aumentata di quattro volte per produrre lo stesso effetto.

La dipendenza dal tempo non dovrebbe essere estrapolata per vibrazioni di durata moto breve e accelerazione elevata che possono essere associate all'insorgenza di lesioni acute.

GLI SPETTI FONOMENOLOGICI

L'uomo, nei confronti delle vibrazioni, si comporta come un filtro, con una sua funzione di trasferimento, che abbatte od amplifica i contenuti armonici a certe frequenze.

longitudinale



trasversale

Le vibrazioni che interessano la salute sono comprese nelle bande di frequenza:

- 1 ÷ 80 Hz (ISO 2631-1) per quanto riguarda il corpo intero;
- 8 ÷ 1000 Hz (ISO 5349-1) per il sistema mano-braccio;
- 20 ÷ 20000 Hz (ISO 1999) per l'esposizione dell'udito.

IL FATTORE DI RISCHIO

L'esposizione umana a vibrazioni meccaniche può rappresentare un fattore di rischio rilevante per i lavoratori esposti.

Da un punto di vista igienistico, l'esposizione umana a vibrazioni si differenzia in:

1. Esposizione del Sistema Mano-Braccio → indicata con acronimo inglese **HAV** (Hand/arm vibration).

Si riscontra in lavorazioni in cui si impugnano utensili vibranti o materiali sottoposti a vibrazioni o impatti.

L'esposizione è causata dal contatto delle mani con l'impugnatura di utensili manuali o di macchinari condotti a mano.

2. Esposizione del corpo intero, indicata con acronimo inglese **WBV** (Whole Body Vibration).

Si riscontra in lavorazioni a bordo di mezzi di movimentazione usati in industria ed agricoltura, mezzi di trasporto e in generale macchinari industriali vibranti che trasmettano vibrazioni al corpo intero.

Esposizione del Sistema Mano-Braccio agisce:

1. Sul sistema nervoso

- disturbi neurologici

2. Sull'apparato osteoarticolare

- lesioni osteoarticolari a carico degli arti superiori

3. Sull'apparato circolatorio

- disturbi circolatori digitali

→definito con termine unitario "Sindrome da Vibrazioni Mano-Braccio".

- » Ipo-parestesie
- » Riduzione della sensibilità tattile e termica
- » Limitazione della capacità di manipolazione fine
- » Fenomeno di Raynaud secondario: attacchi ischemici di pallore locale
- » CTD : cumulative trauma disorders, caratterizzati da fatica muscolare, dolore persistente, limitazione funzionale

Esposizione del corpo intero agisce:

1. Lombalgie e lombosciatalgie
 2. Alterazioni degenerative della colonna vertebrale
 3. discopatie o ernie discali lombari e/o lombosacrali
- Il ruolo delle vibrazioni in questi disturbi/patologie non è ancora completamente chiarito, perché la guida di macchine o veicoli comporta anche postura assisa prolungata, frequenti movimenti di flessione e torsione del rachide.
 - Inoltre spesso gli addetti ai trasporti effettuano la movimentazione manuale di carichi...

Possibili meccanismi d'azione delle vibrazioni:

- Sovraccarico meccanico dovuto a risonanza della colonna vertebrale, con conseguente danno ai corpi vertebrali, dischi ed articolazioni
- Contrazione dei muscoli paravertebrali con conseguente affaticamento

SORGENTI DI RISCHIO HAV

tipologia di utensile	Principali lavorazioni
Scalpellatori, Scrostatori, Rivettatori	Edilizia - lapidei, metalmeccanica
Martelli Perforatori	Edilizia - lavorazioni lapidei
Martelli Demolitori e Picconatori	Edilizia - estrazione lapidei
Trapani a percussione	Metalmeccanica
Avvitatori ad impulso	Metalmeccanica, Autocarrozzerie
Martelli Sabbiatori	Fonderie - metalmeccanica
Cesoie e Roditrici per metalli	Metalmeccanica
Levigatrici orbitali e roto-orbitali	Metalmeccanica - Lapidei - Legno
Seghe circolari e seghetti alternativi	Metalmeccanica - Lapidei - Legno
Smerigliatrici Angolari e Assiali	Metalmeccanica - Lapidei - Legno
Smerigliatrici Diritte per lavori leggeri	Metalmeccanica - Lapidei - Legno
Motoseghe	Lavorazioni agricola- forestali

tipologia di utensile	Principali lavorazioni
Decespugliatori	Lavorazioni agricola- forestali
Tagliaerba	Manutenzione aree verdi
Motocoltivatori	Lavorazioni agricola- forestali
Chiodatrici	Palletts, legno
Compattatori vibro- cemento	Produzione vibrati in cemento
Iniettori elettrici e pneumatici	Produzione vibrati in cemento
Limatrici rotative ad asse flessibile	Metalmeccanica, Lavorazioni artistiche
Manubri di motociclette	Trasporti etc.
Cubettatrici	Lavorazioni lapidei (porfido)
Ribattitrici	Calzaturifici
Trapani da dentista	Odontoiatria

SORGENTI DI RISCHIO WBV

Macchinario	Principali settori di impiego
Ruspe, pale meccaniche, escavatori	Edilizia, lapidei, agricoltura
Perforatori	Lapidei, cantieristica
Trattori, Mietitrebbiatrici	Agricoltura
Carrelli elevatori	Cantieristica, movimentazione industriale
Trattori a ralla	Cantieristica, movimentazione industriale
Camion, autobus	Trasporti , servizi spedizioni etc.
Motoscafi, gommoni, imbarcazioni	Trasporti, marittimo
Trasporti su rotaia	Trasporti, movimentazione industriale
Elicotteri	Protezione civile, Pubblica sicurezza , etc.
Motociclette, ciclomotori	Pubblica sicurezza, servizi postali , etc.
Autogru, gru	Cantieristica, movimentazione industriale
Piattaforme vibranti	Vibrati in cemento, varie industriali
Autoambulanze	Sanità

DPR 303/56

ART 24

Rumori e scuotimenti.

Nelle lavorazioni che producono scuotimenti, vibrazioni o rumori dannosi ai lavoratori, devono adottarsi i provvedimenti consigliati dalla tecnica per diminuirne l'intensità.

ART 48

Vibrazioni → Lavoratori che impiegano utensili ad aria compressa o ad asse flessibile → sorveglianza sanitaria con periodicità Annuale

D.LGS. 626/1994

ART 4

Il datore di lavoro, in relazione all'attività dell'azienda, valuta tutti i rischi per la sicurezza e per la salute dei lavoratori...

LEGI SLAZIONE VIGENTE

La Direttiva 2002/44/CE del 25 giugno 2002 *"sulle prescrizioni minime di sicurezza e salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni)*

La direttiva prescrive specifiche metodiche di individuazione e valutazione dei rischi associati all'esposizione a vibrazioni del sistema mano-braccio (HAV) e del corpo intero (WBV) e specifiche misure di tutela, che dovranno essere documentate nell'ambito del rapporto di valutazione dei rischi prescritto dal D.lgs 626/94.

DECRETO LEGISLATIVO 19 agosto 2005, n.187 - Attuazione della direttiva 2002/44/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche.

(GU n. 220 del 21-9-2005)

ENTRATA IN VIGORE E ABROGAZIONI

D.LGS 187/05 - Art. 13

Gli obblighi di misurazione e valutazione decorrono dalla data del 1° gennaio 2006.

In caso di attrezzature di lavoro messe a disposizione dei lavoratori anteriormente al 6 luglio 2007 e che non permettono il rispetto dei valori limite di esposizione tenuto conto del progresso tecnico e delle misure organizzative messe in atto, l'obbligo del rispetto dei valori limite di esposizione di cui all'articolo 3 entra in vigore il 6 luglio 2010.

Per il settore agricolo e forestale l'obbligo del rispetto dei valori limite di esposizione entra in vigore il 6 luglio 2014.

Dalla data di entrata in vigore del presente decreto sono abrogati l'articolo 24 del DPR 303/56 e la voce 48 della tabella delle lavorazioni di cui all'articolo 33 del medesimo decreto

D.LGS 187/05 - Art. 2

a) vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio:

le vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al sistema mano-braccio nell'uomo, comportano un rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici o muscolari;

b) vibrazioni trasmesse al corpo intero:

le vibrazioni meccaniche che, se trasmesse al corpo intero, comportano rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori, in particolare lombalgie e traumi del rachide.

VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE E DI AZIONE

D.LGS 187/05 - Art. 3.

Per le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio:

- a) il **valore limite di esposizione giornaliero**, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a **5 m/s²**;
- b) il **valore d'azione giornaliero**, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, che fa scattare l'azione è fissato a **2,5 m/s²**.

Per le vibrazioni trasmesse al corpo intero:

- a) il **valore limite di esposizione giornaliero**, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a **1,15 m/s²**;
- b) il **valore d'azione giornaliero**, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a **0,5 m/s²**.

Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio	
Livello d'azione giornaliero di esposizione $A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$	Valore limite giornaliero di esposizione $A(8) = 5 \text{ m/s}^2$
Vibrazioni trasmesse al corpo intero	
Livello d'azione giornaliero di esposizione $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$	Valore limite giornaliero di esposizione $A(8) = 1,15 \text{ m/s}^2$

VALUTAZIONE DEI RISCHI

D.LGS 187/05 - Art. 4

Il datore di lavoro **valuta** e, nel caso non siano disponibili informazioni relative ai livelli di vibrazione presso **banche dati** dell'**ISPESL**, delle **regioni** o del **CNR** o direttamente presso i produttori o fornitori, **misura** i livelli di vibrazioni meccaniche a cui i lavoratori sono esposti.

L'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio è valutata o misurata in base alle disposizioni di cui **all'allegato I, parte A.**

L'esposizione dei lavoratori alle vibrazioni trasmesse al corpo intero è valutata o misurata in base alle disposizioni di cui **all'allegato I, parte B.**

Il livello di esposizione alle vibrazioni meccaniche può essere valutato mediante l'osservazione delle condizioni di lavoro specifiche e il riferimento ad appropriate informazioni sulla probabile entità delle vibrazioni per le attrezzature o i tipi di attrezzature in particolari condizioni di uso, incluse le informazioni fornite in materia dal costruttore delle attrezzature. Questa operazione va distinta dalla misurazione, che richiede l'impiego di attrezzature specifiche e di una metodologia appropriata.

VALUTAZIONE DEI RISCHI

La valutazione e la misurazione devono essere programmate ed effettuate a **intervalli idonei**

Il datore di lavoro tiene conto di:

- a) il livello, il tipo e la durata dell'esposizione;
- b) i valori limite di esposizione e i valori d'azione;
- c) gli eventuali effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio;
- d) gli eventuali effetti indiretti sulla sicurezza dei lavoratori risultanti da interazioni tra le vibrazioni l'ambiente di lavoro o altre attrezzature;
- e) le informazioni fornite dal costruttore dell'attrezzatura di lavoro;
- f) l'esistenza di attrezzature alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione alle vibrazioni meccaniche;
- g) il prolungamento del periodo di esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero al di là delle ore lavorative, in locali di cui è responsabile;
- h) condizioni di lavoro particolari, come le basse temperature;
- i) informazioni raccolte dalla sorveglianza sanitaria, comprese, per quanto possibile, quelle reperibili nella letteratura scientifica.

VALUTAZIONE DEI RISCHI

La valutazione dei rischi deve essere documentata conformemente all'articolo 4 del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, e include:

la giustificazione che la natura e l'entità dei rischi connessi con le vibrazioni meccaniche rendono non necessaria una valutazione maggiormente dettagliata dei rischi.

Il datore di lavoro **aggiorna** la valutazione dei rischi periodicamente, e in ogni caso senza ritardo se vi sono stati significativi mutamenti ai fini della sicurezza e della salute dei lavoratori che potrebbero averla resa superata, oppure quando i risultati della sorveglianza sanitaria ne richiedano la necessità

MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

D.LGS 187/05 - Art. 5.

il datore di lavoro elimina i rischi alla fonte o li riduce al minimo e, in ogni caso, a livelli non superiori ai valori limite di esposizione.

Quando **sono superati i valori d'azione**, il datore di lavoro elabora e applica un programma di misure tecniche o organizzative, volte a ridurre al minimo l'esposizione e i rischi che ne conseguono, considerando in particolare quanto segue:

- a) altri metodi di lavoro che richiedono una minore esposizione a vibrazioni meccaniche;
- b) la scelta di attrezzature di lavoro adeguate concepite nel rispetto dei principi ergonomici e che producono, tenuto conto del lavoro da svolgere, il minor livello possibile di vibrazioni;
- c) la fornitura di attrezzature accessorie per ridurre i rischi di lesioni provocate dalle vibrazioni, quali sedili che attenuano efficacemente le vibrazioni trasmesse al corpo intero e maniglie o guanti che attenuano la vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio;

MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

- d) adeguati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, del luogo di lavoro e dei sistemi sul luogo di lavoro;
- e) la progettazione e l'organizzazione dei luoghi e dei posti di lavoro;
- f) l'adeguata informazione e formazione dei lavoratori sull'uso corretto e sicuro delle attrezzature di lavoro, in modo da ridurre al minimo la loro esposizione a vibrazioni meccaniche;
- g) la limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
- h) l'organizzazione di orari di lavoro appropriati, con adeguati periodi di riposo;
- i) la fornitura, ai lavoratori esposti, di indumenti per la protezione dal freddo e dall'umidità.

Se, nonostante le misure adottate, il valore limite di esposizione e' stato superato, il datore di lavoro prende misure immediate per riportare l'esposizione al di sotto di tale valore, individua le cause del superamento e adatta di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento.

D.LGS 187/05 - Art. 6.

il datore di lavoro garantisce che i lavoratori esposti a rischi derivanti da vibrazioni meccaniche sul luogo di lavoro ricevano informazioni e una formazione adeguata sulla base della valutazione dei rischi con particolare riguardo:

- a) alle misure adottate volte a eliminare o a ridurre al minimo i rischi derivanti dalle vibrazioni meccaniche;
- b) ai valori limite di esposizione e ai valori d'azione;
- c) ai risultati delle valutazioni e misurazioni delle vibrazioni meccaniche effettuate e alle potenziali lesioni derivanti dalle attrezzature di lavoro utilizzate;
- d) all'utilità e al modo di individuare e di segnalare sintomi di lesioni;
- e) alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria;
- f) alle procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo l'esposizione a vibrazioni meccaniche.

SORVEGLIANZA SANITARIA

D.LGS 187/05 - Art. 7.

I lavoratori esposti a **livelli di vibrazioni superiori ai valori d'azione** sono sottoposti alla sorveglianza sanitaria.

La sorveglianza è effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità diversa decisa dal medico competente con adeguata motivazione e resa nota ai rappresentanti per la sicurezza di lavoratori.

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

I lavoratori esposti a vibrazioni sono altresì sottoposti alla sorveglianza sanitaria quando l'esposizione dei lavoratori è tale da rendere possibile l'individuazione di un nesso tra l'esposizione in questione e una malattia identificabile o ad effetti nocivi ed è probabile che la malattia o gli effetti sopraggiungano nelle particolari condizioni di lavoro del lavoratore ed esistono tecniche sperimentate che consentono di individuare la malattia o gli effetti nocivi per la salute.

SORVEGLIANZA SANITARIA – CARTELLE SANITARIE

Nel caso in cui la sorveglianza sanitaria riveli anomalie imputabili alle vibrazioni, il medico competente informa il datore di lavoro che:

- a) sottopone a revisione la valutazione dei rischi
- b) sottopone a revisione le misure predisposte per eliminare o ridurre i rischi;
- c) tiene conto del parere del medico competente nell'attuazione delle misure necessarie per eliminare o ridurre il rischio;
- d) prende le misure affinché sia effettuata una visita medica straordinaria per tutti gli altri lavoratori che hanno subito un'esposizione simile.

D.LGS 187/05 - Art. 8

Il medico competente 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.

D.LGS 187/05 - Art. 9

Nei settori della navigazione marittima e aerea, si può richiedere la deroga, limitatamente al rispetto dei valori limite di esposizione per il corpo intero qualora [...]

Nel caso di attività lavorative in cui l'esposizione di un lavoratore alle vibrazioni meccaniche e' abitualmente inferiore ai valori di azione, ma varia sensibilmente da un momento all'altro e può occasionalmente superare il valore limite di esposizione, il datore di lavoro può richiedere la deroga al rispetto dei valori limite a condizione che il valore medio dell'esposizione calcolata su un periodo di 40 ore sia inferiore al valore limite di esposizione e si dimostri, con elementi probanti, che i rischi derivanti dal tipo di esposizione cui e' sottoposto il lavoratore sono inferiori a quelli derivanti da un livello di esposizione corrispondente al valore limite.

Le deroghe sono concesse, per un periodo massimo di quattro anni, dall'organo di vigilanza territorialmente competente che provvede anche a darne comunicazione al Ministero del lavoro e delle politiche sociali

Le deroghe sono rinnovabili e possono essere revocate quando vengono meno le circostanze che le hanno giustificate.

La concessione delle deroghe e' condizionata all'intensificazione della sorveglianza sanitaria.

LE FASI PRINCIPALI DELLA VALUTAZIONE (cnt)

1. Individuazione dei lavoratori esposti al rischio

L'individuazione discende dalla conoscenza delle mansioni espletate dal singolo lavoratore anche in considerazione della possibile individuazione di gruppi omogenei di lavoratori, associabili per mansione e/o per tipologie di macchine/attrezzature utilizzate.

2. Individuazione del tempo di esposizione

Il tempo di esposizione al rischio vibrazioni dipende, per ciascun lavoratore, dalle effettive condizioni di lavoro. La determinazione del tempo di esposizione medi per i gruppi omogenei è conducibile attraverso interrogazioni dirette del datore di lavoro, del responsabile del servizio prevenzione e protezione, dei rappresentanti dei lavoratori e dei singoli addetti alle lavorazioni attraverso specifiche rilevazioni sul campo.

3. Individuazione di macchine o attrezzature utilizzate

E' necessario a tal fine è opportuno redigere un apposito elenco in cui sono riportate:

- categoria della macchina o attrezzatura
- marca e modello

LE FASI PRINCIPALI DELLA VALUTAZIONE (cnt)

4. Individuazione del livello di esposizione della singola macchina/attrezzatura (cnt)

Ovviamente il metodo più sicuro e preciso per individuare il livello di vibrazioni è quello di procedere a specifiche misurazioni nelle condizioni effettive di uso delle attrezzature, adottando a tal fine le metodologie di cui alle norme ISO 5349-1 e ISO 2631-1.

E' valido quanto indicato dall'art. 4 D. lgs. 187/03, ovvero:

“Nell'assolvere gli obblighi stabiliti dall'articolo 4 del decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, il datore di lavoro valuta e, nel caso non siano disponibili informazioni relative ai livelli di vibrazione presso banche dati dell'ISPESL, delle regioni o del CNR o direttamente presso i produttori o fornitori, misura i livelli di vibrazioni meccaniche a cui i lavoratori sono esposti”

- informazioni fornite dal fabbricante → l'indicazione dei valori è obbligatoria in virtù del DPR n 459/96 nel caso in cui si superino i $2,5 \text{ m/sec}^2$ per le vibrazioni mano-braccio e i $0,5 \text{ m/sec}^2$ per quelle trasmesse al corpo intero.
- il dato fornito dal fabbricante non è utilizzabile se non prima corretto di un fattore indicato nella “Guida all'utilizzo della Banca dati Vibrazioni”. Nella guida sono presenti i fattori di correzione per ogni attrezzatura che interessa il sistema mano-braccio (Banca dati ISPESL - schede 4, 5 e 6)
- Per quanto riguarda le vibrazioni che interessano il corpo intero, a volte i valori dichiarati dal fabbricante sono superiori di quelli misurati → tenere in considerazione sempre i valori maggiori, per avere un buon margine di sicurezza.

LE FASI PRINCIPALI DELLA VALUTAZIONE (cnt)

Caso 1 – Per la macchina interessata sono disponibili sulla banca dati i livelli di vibrazione in condizioni d’uso rapportabili a quelle riscontrabili in azienda.

In tal caso saranno assunti i dati riportati in banca dati.

Caso 2 – Per la macchina o l’attrezzo interessati, non sono direttamente disponibili i valori in opera nella banca dati; viceversa sono disponibili i dati forniti dal fabbricante (riportati nelle schede macchina con la dizione “valori dichiarati”).

In tal caso, salva la programmazione di successive misure di controllo in opera, si assumerà quale valore di accelerazione in opera quello indicato dal fabbricante, maggiorato:

L’ISPESL inoltre prescrive di non utilizzare i dati forniti dal fabbricante nei seguenti casi:

- 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 differenti da quelle indicate alle tabelle 4-5-6;
- il macchinario non è uguale a quello indicato in banca dati (differente marca – modello).

LE FASI PRINCIPALI DELLA VALUTAZIONE

Caso 3 – Per la macchina o l’attrezzo interessati, non sono disponibili informazioni nella banca dati o da parte del fabbricante; sono però disponibili dati di macchinari o attrezzature simili (stessa categoria, stessa potenza).

In tal caso, salva la programmazione di successive misure di controllo in opera, può essere assunto quale valore base per effettuare la valutazione quello di una macchina simile (stessa categoria, stessa potenza) eventualmente maggiorato di una percentuale (valutata dall’impresa) che tenga conto dell’età della macchina, del livello di manutenzione, delle condizioni di utilizzo, etc.

Caso 4 – Attrezzature per le quali non sono disponibili informazioni sulla Banca dati o da parte del fabbricante (macchine non marcate CE, in generale), e neppure dati di macchine simili (stessa categoria, stessa potenza).

In tal caso si assumerà quale valore base per effettuare la valutazione, quello peggiore dell’attrezzatura dello stesso genere presente in banca dati, eventualmente maggiorato di una percentuale (valutata dall’impresa) che tenga conto delle differenze tra le due attrezzature, dell’età, del livello di manutenzione, delle condizioni di utilizzo, etc.

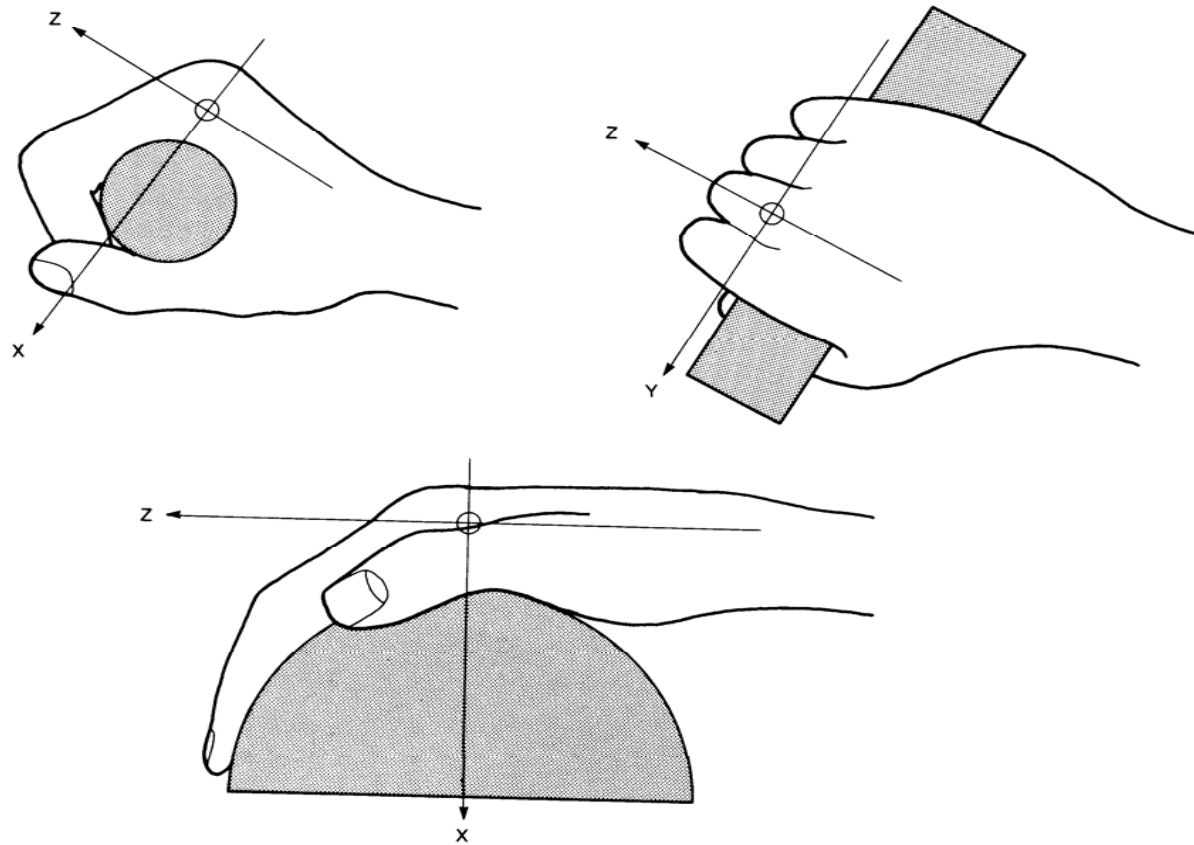
5. Determinazione del livello di esposizione giornaliero normalizzato

D.LGS 187/05 - allegato I A

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) dei valori quadratici medi delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali (a_{w_x} , a_{w_y} , a_{w_z}) conformemente ai capitoli 4 e 5 e all'allegato A della norma ISO 5349-1 (2001).

HAV – a_{hv} sui tre assi x, y e z



$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hw y}^2 + a_{hwz}^2}$$

HAV – A(8) esposizione giornaliera

ESPOSIZIONE A SINGOLA ATTREZZATURA\OPERAZIONE

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

$T \rightarrow$ durata giornaliera totale dell'esposizione alla vibrazione a_{hv}

$T_0 \rightarrow$ durata di riferimento di 8 h (28800 s)

ESPOSIZIONE A PIU' ATTREZZATURE\OPERAZIONI

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i}$$

$A_{hvi} \rightarrow$ valore totale della vibrazione per la i -esima operazione

$n \rightarrow$ numero di singole esposizioni alla vibrazione

$T_i \rightarrow$ durata della i -esima operazione

HAV – A(8) variabilità dell'esposizione

1. Se l'esposizione cambia da una giornata all'altra

$$A_{\text{typical}}(8) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{d=1}^N A_d^2(8)}$$

A_d → esposizione giornaliera alle vibrazioni del giorno d

N → numero delle giornate lavorative sul quale va determinata la stima

2. Se l'intensità delle vibrazioni è la stessa ma cambia il tempo di esposizione

$$A_{\text{typical}}(8) = a_{\text{hv}} \sqrt{\frac{t_d}{T_0}}$$

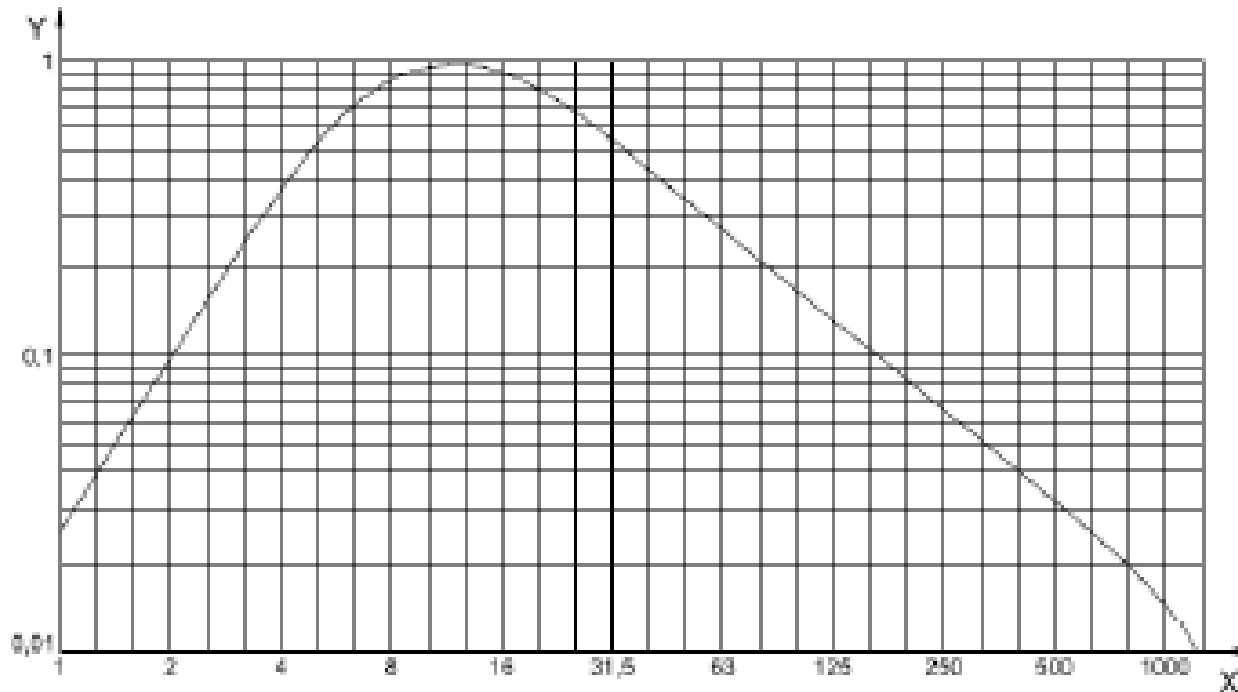
A_{hv} → valore totale della vibrazione per l'operazione

T_0 → durata di riferimento di 8 h (28800 s)

T_d → durata media dell'esposizione giornaliera

HAV – A(8) in frequenza

- Intervallo di frequenza nominale da 5.6 a 1400 Hz, cioè bande di ottava da 8 a 1000 Hz
- Applicare il filtro di ponderazione W_h uguale su tutti e tre gli assi



Curva di ponderazione W_h per la vibrazione trasmessa alla mano

HAV -FATTORI INFLUENTI

CONSIDERATI

1. Spettro in frequenza delle vibrazioni → PONDERAZIONE
2. Ampiezza della vibrazione → a_{HV}
3. Durata dell'esposizione giornaliera → T
4. Esposizione complessiva → calcolo per più lavorazioni\variabilità

DA CONSIDERARE

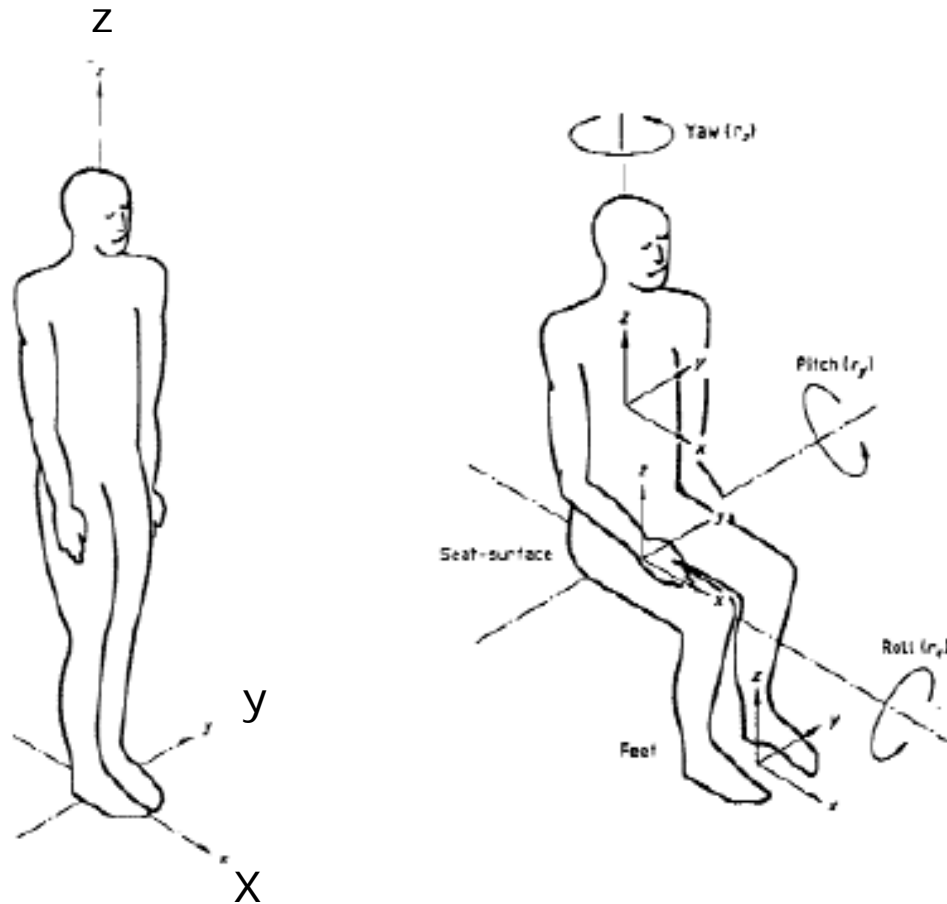
1. Direzione della vibrazione → a_{HV}
2. Metodo di lavorazione e abilità lavoratore
3. Età lavoratore e fattori di predisposizione di salute e costituzione
4. Modello di esposizione temporale e metodo di lavorazione → T
5. Forze di accoppiamento
6. Postura mano e braccio
7. Tipo e condizione delle macchine vibranti
8. Area e posizione delle parti esposte
9. Condizioni climatiche
10. Disturbi e fattori che influenzano la circolazione (nicotina)
11. Rumore

D.LGS 187/05 - Allegato I B

La valutazione del livello di esposizione 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 ($1,4aw_x$, $1,4aw_y$, $1aw_z$, per un lavoratore seduto o in piedi), conformemente ai capitoli 5, 6 e 7, all'allegato A e all'allegato B della norma ISO 2631-1 (1997).

WBV – $A_{w\max}$ sui tre assi x, y e z



$A_{w\max}$ è il massimo tra i seguenti valori:

$$1.4 A_{wx}$$

$$1.4 A_{wy}$$

$$A_{wz}$$

WBV – A(8) mediato nel tempo

$$A(8) = A_{wmax} \times (T/T_0)$$

T → durata giornaliera totale
dell'esposizione alla vibrazione a_{hv}

T_0 → durata di riferimento di 8 h (28800 s)

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

A_{gi} → parziale per la i-esima operazione

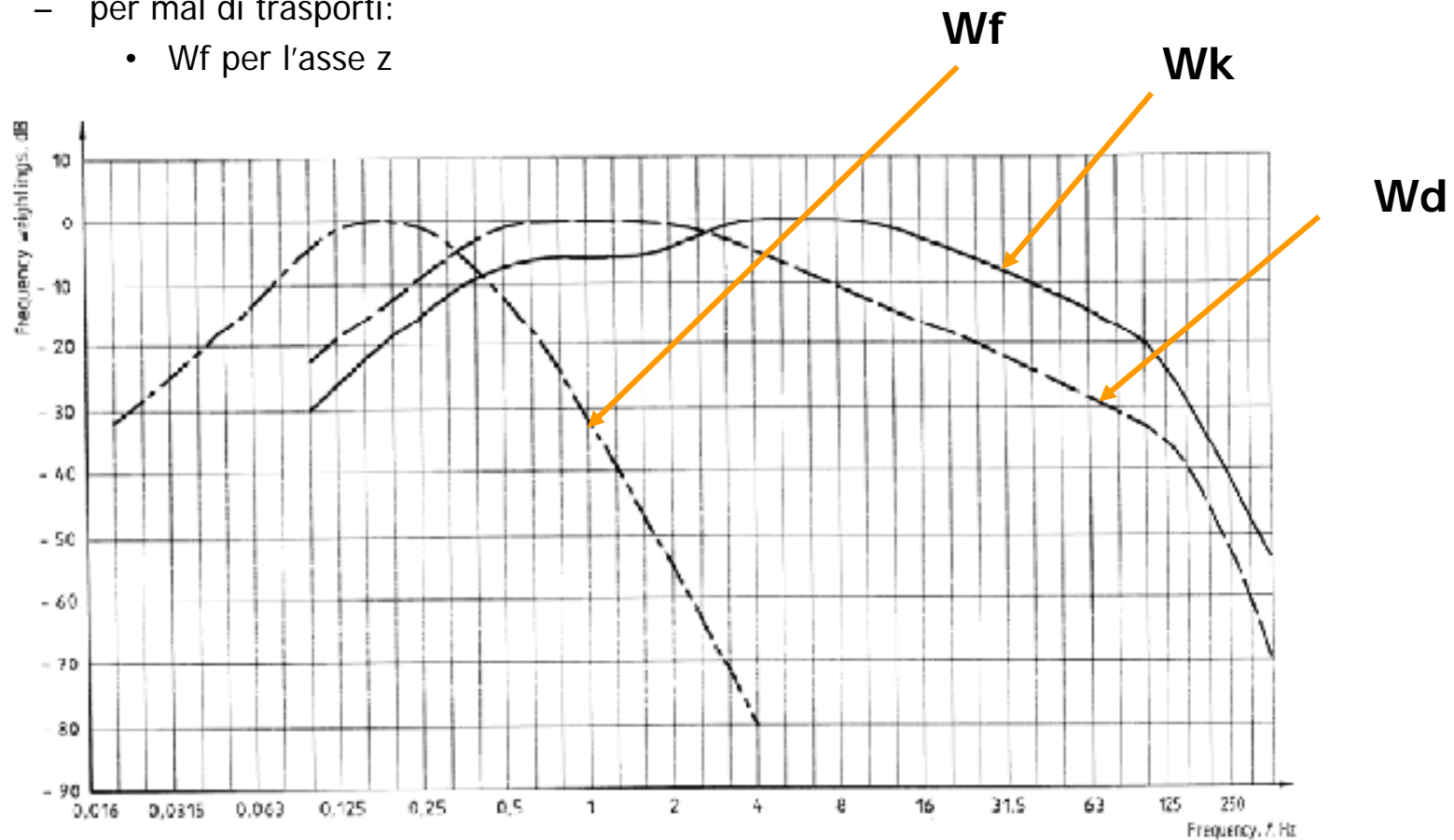
N → numero di singole esposizioni alla
vibrazione

$$A(8)_i = A_{wmaxi} \times (T_i/T_0)$$

T_i → durata della i-esima operazione

WBV – A(8) in frequenza

- Intervallo di frequenza nominale da 0.5 a 80 Hz.
- Applicare i filtri di ponderazione
 - per sedili riguardo alla salute, anche in piedi riguardo al comfort):
 - W_d per gli assi x e y
 - W_k per l'asse z
 - per mal di trasporti:
 - W_f per l'asse z



COME SVOLGERE LA VALUTAZIONE

Tre livelli di approfondimento:

1. Osservazione delle modalità di lavoro e delle tecnologie utilizzate
2. Ricostruzione dei livelli di esposizione in base a misure svolte da altri
3. Misurazione diretta

LISTE DI CONTROLLO

Osservando il ciclo lavorativo, ed utilizzando ad esempio semplici **liste di controllo**, si accerta **l'assenza del rischio**, cioè la non necessità di valutazioni del 2° e 3° livello.

Ciò può costituire la giustificazione che la natura e l'entità dei rischi connessi con le vibrazioni meccaniche rendono non necessaria una valutazione maggiormente dettagliata dei rischi., come previsto dal D.Lgs. 187/05, art. 4 comma 7.

Nella pratica la valutazione potrebbe essere direttamente riportata sul Documento di Valutazione dei Rischi redatto ai sensi del D.Lgs. 626/94.

VALUTAZIONE DI LIVELLO 1 - ESEMPI LISTE DI CONTROLLO

HAV

1. Nell'attività aziendale si fa uso di attrezzature che espongono a vibrazioni mano-braccio oppure sono svolte attività manuali (es. scalpellatura) che espongono a vibrazioni mano-braccio?
2. Ci sono addetti che lamentano intorpidimenti o formicolii alle mani o alle braccia?
3. Il Medico Competente o il Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza hanno segnalato possibile presenza di esposizione a vibrazioni mano-braccio?

WBV

1. Nell'attività aziendale si fa uso di veicoli o di attrezzature che espongono a vibrazioni l'intero corpo?
2. Ci sono addetti che lamentano esposizioni eccessive a Vibrazioni del corpo intero?
3. Il Medico Competente o il Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza hanno segnalato possibile presenza di esposizione a vibrazioni del corpo intero?

MISURE SVOLTE DA ALTRI

Per la Valutazione del Rischio possono essere impiegati risultati di **misure svolte da altri**, che sono essenzialmente di 2 tipi:

1. Misure svolte in ambiente di lavoro, in determinate condizioni operative di utilizzo delle attrezzature.
2. Misure svolte dai costruttori delle attrezzature, in condizioni standard.

Questi dati sono reperibili in **letteratura**, oppure dai **costruttori**, oppure sono raccolti in **Banche Dati**.

BANCHE DATI

Banca Dati ISPESL

sito <http://www.ispesl.it>

INAIL "100 misure di vibrazioni in ambiente lavorativo"

sito <http://www.inail.it>

Banca dati NIWL

sito <http://umetech.niwl.se>

VANTAGGI

Nel caso di acquisto di **macchine nuove** consentono:

- Previsione generale del rischio atteso
- Selezione dell'attrezzatura con minori livelli di rischio atteso

Nel caso di **macchine già in uso** consentono:

- Risparmio di risorse
- Confronto con i dati di misurazioni dirette, e quindi identificazione di esposizioni indebite, dovute ad esempio a scarsa manutenzione

LIMITI

Non è sempre semplice individuare nella banca dati la tipologia di attrezzatura sufficientemente simile a quella effettivamente in uso.

I dati riportati sono caratterizzati, a parità di attrezzatura, da una discreta variabilità, che porta ad intervalli numerici talvolta molto ampi.

Nel caso in cui l'attrezzatura effettivamente in uso sia datata e non soggetta a corretta manutenzione, l'impiego della banca dati può comunque portare ad una sottostima del rischio.

Nel caso in cui la banca dati riporti valori di esposizione superiori al valore d'azione o addirittura al valore limite, la corretta applicazione delle misure di prevenzione e protezione di cui al D.Lgs. 187/05, art. 5 risulta di difficile applicazione, non essendo noti i valori di esposizione reali.

SsII R20-15	
elevatori elettrici	
massa Kg	
potenza KW	
età anni	10
Portata Kg	1020
lavorazione o note	carico di pallets su autocarro
sedile	rigido
terreno	pavimento industriale
misure	5/11/03 DG DM
x (wd) m/s ²	Misura non disponibile
y (wd) m/s ²	0,506
z (wk) m/s ²	0,698
a _w m/s ²	0,708 ^{1/2}
audio dB(A)	80,9

DATI CERTIFICAZIONE COSTRUTTORI

DPR 459/96 all. I.

Rischi dovuti alle vibrazioni

La macchina deve essere progettata e costruita in modo tale che i rischi dovuti alle vibrazioni trasmesse dalla macchina siano ridotti al livello minimo, tenuto conto del progresso tecnico e della disponibilità di mezzi atti a ridurre le vibrazioni, in particolare alla fonte.

Macchine portatili tenute e/o condotte a mano

Le istruzioni per l'uso devono fornire la seguente indicazione relativa alle vibrazioni emesse dalle macchine tenute e condotte manualmente:

il valore medio quadratico ponderato, in frequenza, dell'accelerazione cui sono esposte le membra superiori quando superiori a $2,5 \text{ m/s}^2$, definito secondo le norme di collaudo appropriate. Se l'accelerazione non supera $2,5 \text{ m/s}^2$, occorre segnalarlo.

Rischi dovuti alla mobilità delle macchine

Le istruzioni per l'uso devono contenere, le seguenti indicazioni:

- il valore quadratico medio ponderato, in frequenza, dell'accelerazione cui sono esposte le membra superiori quando superiori a $2,5 \text{ m/s}^2$; se tale livello è inferiore o pari a $2,5 \text{ m/s}^2$, occorre indicarlo;
- il valore quadratico medio ponderato, in frequenza, dell'accelerazione cui è esposto il corpo (piedi o parte seduta) quando superiori a $0,5 \text{ m/s}^2$; se tale livello è inferiore o pari a $0,5 \text{ m/s}^2$, occorre indicarlo.

LIMITI & CRITICITA'

1. Tali misure hanno lo scopo di consentire il confronto tra macchine simili di costruttori diversi, quindi sono svolte in condizioni di massima riproducibilità, cioè il più possibile svincolate dall'ambiente e dall'operatore. Tali condizioni sono spesso molto lontane dalle situazioni reali ed in molti casi portano ad una pesante sottostima del rischio (es. rapporto 1:2 o 1:3).
2. I dati si riferiscono ad attrezzature nuove, mentre nei casi reali ci può essere carenza di manutenzione, utensili sostituiti ecc., con conseguente maggiore livello di rischio.
3. In alcuni casi i dati dichiarati si riferiscono ad un solo asse, mentre l'esposizione va calcolata sui tre assi.

MISURAZIONE DIRETTA

Per la strumentazione da impiegarsi nelle misure di vibrazioni il riferimento è costituito dalla norma seguente:

ISO 8041 "Human response to vibration. Measuring instrumentation"

La catena di misura è costituita dai seguenti elementi più importanti:

- Accelerometro + Preamplificatore, oppure accelerometro preamplificato (ICP)
- Analizzatore di frequenza, oppure strumento dedicato, già dotato dei filtri di ponderazione necessari

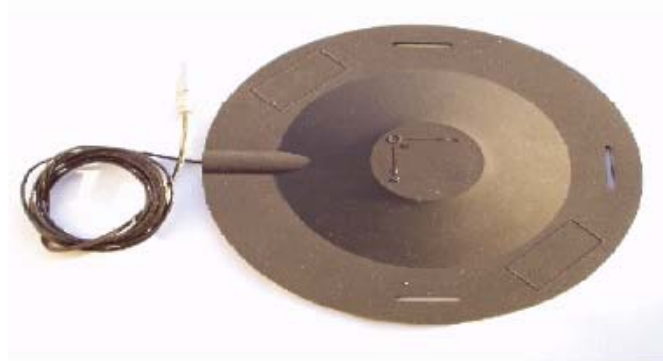
ACCELEROMETRO & ESEMPI

L'accelerometro si fonda sull'effetto piezoelettrico, caratteristico dei cristalli di quarzo o di particolari materiali ceramici.

Il cristallo, sollecitato dalla forza esercitata da una massa sismica, si ha un accumulo di cariche elettriche positive e negative sulle superfici opposte del cristallo.



MISURAZIONE HAV



MISURAZIONE WBV



INCERTEZZE VALUTAZIONE HAV

Incertezza nella misurazione della accelerazione

- Sistema di acquisizione (Accuratezza della strumentazione, calibrazione, interferenze elettriche, massa accelerometro, posizione accelerometro, fissaggio accelerometro, variazioni della lavorazione indotte dalla misura). La norma ISO 5349 richiede che l'intera catena di misurazione sia controllata, prima e dopo ogni sequenza di misurazioni, utilizzando un calibratore di vibrazioni.
- Fluttuazione dei parametri fisici (Temperatura, umidità, alimentazione della macchina, omogeneità del materiale lavorato)
- Variabilità della lavorazione (condizioni della macchina, manutenzione, utensili, postura, forza applicata, materiali lavorati)

Incertezza nella misurazione del tempo di esposizione

- Misura della durata di esposizione
- Stima del numero di cicli giornalieri
- Stime dei tempi fornite dagli operatori

INCERTEZZE VALUTAZIONE HWB

Incertezza nella misurazione della accelerazione

- Sistema di acquisizione (Accuratezza della strumentazione, calibrazione, interferenze elettriche, massa accelerometro, posizione accelerometro, fissaggio accelerometro)
- Fluttuazione dei parametri fisici (Temperatura, umidità, alimentazione della macchina, omogeneità del terreno attraversato)
- Variabilità dell'attività (condizioni della macchina, manutenzione, modalità di guida, dati antropometrici dell'operatore, regolazione del sedile, caratteristiche del terreno attraversato)

Incertezza nella misurazione del tempo di esposizione

- Stime dei tempi fornite dagli operatori