

VIBRAZIONI: LA PROFESSIONALITÀ NELLA MISURA E NELLA DICHIARAZIONE DEI DATI DI VIBRAZIONE

Roberto Deboli ¹, Angela Calvo ²

¹ CNR – IMAMOTER, Torino

² DEIAFA, Università degli Studi di Torino

1 - DESCRIZIONE DEL PROBLEMA

La sicurezza sul posto di lavoro è un bene a cui nessuno dovrebbe rinunciare, in termini di prevenzione sia degli infortuni, sia della possibile insorgenza di malattie professionali, a maggior ragione in quei settori dove gli addetti si trovano continuamente a dover lavorare in ambienti ostici come i cantieri edili e agro-forestali e gli insediamenti industriali. In questi contesti, molte delle attività lavorative che prevedono l'utilizzo di macchinari possono essere considerate a rischio per quanto riguarda la trasmissione di vibrazioni all'operatore incaricato del loro utilizzo.

Volendo inquadrare le caratteristiche vibratorie che si riscontrano nell'utilizzo delle macchine, si possono evidenziare le seguenti situazioni a rischio:

- uomo appiedato che opera tenendo sollevata la macchina da terra tramite due impugnature (smerigliatrici angolari, trapani, avvitatrici, ecc.);
- uomo appiedato che segue e indirizza la macchina appoggiata sul terreno ed opera guidandola tramite manubri (troncatrici, martelli demolitori, motofalciatrici, ecc.);
- uomo portato dalla macchina che opera seduto guidandola tramite volante (macchine movimento terra, betoniere, carrelli industriali, trattori, ecc.).

Nei primi due casi sono prevalenti le vibrazioni trasmesse al sistema mano- braccio (HAV), mentre nel terzo quelle che interessano l'intero corpo (WBV).

Molti studi sono stati condotti negli ultimi decenni sull'effetto dannoso derivante dall'uso di macchine e attrezzature le cui vibrazioni, nel medio e lungo termine, possono causare danni irreversibili agli utilizzatori; inoltre i danni da vibrazione rappresentano la quinta causa di malattia professionale indennizzata dall'INAIL.

Nell'osservare gli obblighi della legge, è il datore di lavoro che identifica, giudica e misura i livelli di vibrazioni meccaniche cui i lavoratori sono esposti, al fine di valutare e stimare i rischi.

Innanzitutto, occorre individuare la presenza o meno di rischi significativi, non solo analizzando le macchine presenti in azienda che possono trasmettere vibrazioni, ma anche tenendo conto delle segnalazioni da parte dei lavoratori, del responsabile per la sicurezza e del medico competente riguardanti sintomi associabili alle vibrazioni.

Se è accertata la presenza di rischi significativi, occorre intervenire, determinando il valore dell'esposizione giornaliera a cui sono sottoposti i lavoratori in riferimento ad un periodo di 8 ore (il cosiddetto A(8)).

Nell'articolo 201 (Valori limite di esposizione e valori di azione), Capo III (Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a vibrazioni), del Testo Unico sono riportati i valori limite di esposizione ed il valore di azione:

- a) *per le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio:*
 - 1) *il valore limite di esposizione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a 5 m/s²; mentre su periodi brevi è pari a 20 m/s²;*
 - 2) *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.*
- b) *per le vibrazioni trasmesse al corpo intero:*
 - 1) *il valore limite di esposizione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a 1,0 m/s²; mentre su periodi brevi è pari a 1,5 m/s²;*
 - 2) *il valore d'azione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a 0,5 m/s².*

Ai fini della valutazione, il datore di lavoro deve tenere conto di parecchi elementi, che spaziano dalle caratteristiche tecniche dell'esposizione a vibrazioni (livello, tipo – ad esempio impulsivo – e durata) e dall'esistenza di attrezzature alternative, alle condizioni di lavoro particolari (come le basse temperature) e al prolungamento del periodo di esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero in contesti di cui il datore è responsabile.

Come deve agire il datore di lavoro per quantificare il valore di A(8)?

L'articolo 202, Capo III (Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a vibrazioni) del Testo Unico, cita:

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 nelle particolari condizioni di uso reperibili presso banche dati dell'ISPESL o delle regioni o, in loro assenza, dalle 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 e che resta comunque il metodo di riferimento.

Si possono utilizzare i valori delle banche dati (rilevati in campo) solo se ci si trova in situazioni di esposizione uguali a quelle riportate riguardanti le stesse macchine nelle stesse condizioni operative: occorre sottolineare che i valori delle banche dati non tengono conto di situazioni estreme (come suoli molto sconnessi e velocità di avanzamento elevate), così come si riferiscono a macchine ed attrezzature sottoposte a regolare programma di manutenzione.

Per quanto riguarda i dati forniti dai costruttori, occorre ricordare che essi devono misurare i livelli emessi dalle proprie macchine in laboratorio, come richiesto dalla Direttiva Macchine, per garantire elevati standard di ripetibilità e di riproducibilità.

Per considerare il diverso impiego delle macchine in campo, occorre moltiplicare i valori di vibrazione ottenuti in laboratori per dei fattori di correzione che tengano

conto delle diverse realtà operative. In alcuni casi questi fattori sono riportati nei libretti di istruzione delle macchine: diversamente, nel solo caso delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio, si deve fare riferimento ai fattori riportati nelle Linee Guida dell'UNI CEN/TR 15350 (Vibrazioni meccaniche - linee guida per la valutazione dell'esposizione al sistema mano-braccio partendo dalle informazioni disponibili, comprese quelle fornite dal fabbricante della macchina).

Anche in questo caso, le condizioni operative devono essere analoghe a quelle riportate nelle Linee Guida, così come le attrezzature devono trovarsi in buone condizioni.

Qualora non sia possibile utilizzare una banca dati oppure i dati forniti dal costruttore, occorre intervenire con la misurazione diretta dei valori di accelerazione, relativi alle diverse fasi lavorative ed alle diverse macchine ed attrezzature impiegate.

Sicuramente questo è sempre il modo più corretto di azione e consente di determinare in modo preciso l'effettiva esposizione del lavoratore alle vibrazioni.

Tuttavia esse vanno effettuate da personale qualificato e con attrezzature e metodologie adeguate; le misure devono essere eseguite tramite strumentazione conforme a quanto richiesto dagli standard UNI EN ISO 5349:2004 parte 1 e 2 per il sistema mano-braccio ed allo standard UNI EN ISO 2631-1:2008 per il corpo intero, conformemente alle norme tecniche richiamate negli standard.

Gli strumenti di misura devono inoltre essere opportunamente tarati dagli appositi laboratori certificati con periodicità biennale.

Anche se la procedura per la valutazione del rischio da vibrazioni è chiara, tuttavia i problemi derivanti dall'applicazione della legge sono molteplici:

1. non tutte le macchine e le attrezzature sono riportate nelle banche dati;
2. le condizioni operative sono molto diverse in funzione del contesto di lavoro;
3. i tempi di esposizione per il calcolo dell'A(8) sono difficili da valutare, specie nei cantieri;
4. nel caso delle misure dirette, possono sussistere errori strumentali: nella calibrazione della catena di misura, nel posizionamento degli accelerometri e nel ciclo di lavoro eseguito (reale o fittizio);
5. il comportamento del soggetto quando si effettua la misura può non rispettare le reali condizioni di lavoro.

2 - PROBLEMI CHE POSSONO SORGERE NELL'APPLICAZIONE DELLA LEGGE

2.1 UTILIZZO DI UNA BANCA DATI O DEI DATI FORNITI DAL COSTRUTTORE

Nel caso si utilizzi la banca dati vibrazioni (BDV), può accadere che non sia possibile trovare la macchina o l'attrezzo, o la loro combinazione, necessari per la valutazione. Infatti, nella BDV non sono contenuti tutti gli strumenti/macchine presenti sul mercato. Un altro aspetto critico riguarda i vecchi modelli di attrezzi che hanno perso l'etichetta e di cui non è possibile risalire al modello originario, così

come i libretti di questi stessi modelli possono non riportare i dati di vibrazione.

Per quanto riguarda poi i veicoli mobili con dispositivi montati, non è sempre garantito che quel veicolo con quel dispositivo sia presente nella banca dati, così come un attrezzo che può montare differenti dispositivi può non essere rappresentato in tutte le configurazioni.

Inoltre, come già evidenziato nell'introduzione, si deve essere certi che le attrezzature impiegate (soprattutto quelle dei cantieri) abbiano subito regolari manutenzioni.

Un'altra difficoltà riguarda l'individuazione dei parametri che influenzano le vibrazioni e che non potranno mai essere considerati in alcuna banca dati come in nessun libretto di istruzioni:

- i dispositivi montati (sedili, attrezzo, utensile...) privi di etichette identificative;
- lo stato di usura delle macchine che dipende dal tempo di utilizzo, dalla gravosità delle operazioni eseguite, ecc.;
- le condizioni di impiego (per i veicoli l'uniformità della superficie e la loro velocità di traslazione, per gli attrezzi portati o spinti le forze di presa e spinta esercitate dagli operatori).

In merito alle vibrazioni al posto guida dei mezzi mobili ha una grande influenza lo stato della pavimentazione su cui essi operano e la velocità di avanzamento. La BDV purtroppo non riporta questa casistica, motivo per cui, a seguito di una prima valutazione condotta in ufficio, tramite Internet, conviene, nel dubbio, eseguire la misurazione in campo.

Sconsigliato è il tentativo di adattare le proprie macchine a quelle presenti sulla BDV. Se non sono riportate non si possono utilizzare i dati di macchine "simili".

2.2 INCERTEZZA NELLA DURATA DI ESPOSIZIONE

L'incertezza nella determinazione dei tempi di esposizione è principalmente collegata alle seguenti cause:

- errore nella misura diretta della durata del ciclo lavorativo con esposizione a vibrazioni e/o nella determinazione del numero di cicli lavorativi al giorno, nel caso di valutazione diretta da parte del tecnico competente;
- errore nella stima del tempo di impiego dell'utensile vibrante da parte del lavoratore, nel caso di dato acquisito da dichiarazioni dei lavoratori. Ciò è generalmente dovuto alla confusione che avviene comunemente tra tempo complessivo di impiego dell'utensile da parte del lavoratore e tempo effettivo di esposizione alle vibrazioni prodotte dall'utensile.

In tutti i casi, la durata di esposizione, parametro che incide sul valore di $A(8)$, è una grandezza che presenta alcune difficoltà di rilievo. La misura della durata delle operazioni o dei cicli di lavoro non è sempre agevole perché gli operatori la possono, o la devono, modificare. Anche il numero di operazioni, o cicli di lavoro possono cambiare da un giorno all'altro. Ovviamente bisogna prestare molta attenzione ai valori dichiarati dagli operatori perché essi tendono a sovrastimare il loro tempo di esposizione, così come i datori di lavoro, consci del problema, tendono a sottostimare lo stesso tempo.

La valutazione dei tempi di esposizione è comunque un'operazione gravosa che richiede lunghe e laboriose indagini.

L'età e le caratteristiche costruttive della macchina, oltre al contesto in cui opera, influiscono sul valore di vibrazione misurato e, in un molti comparti produttivi in cui la tendenza è quella di cambiare raramente macchine e attrezzature, non è impossibile trovarsi in un contesto con macchine tecnologicamente vecchie e con valori di emissione vibrazionale elevati. E' chiaro che in questa situazione, in cui non è possibile intervenire sui valori di emissione, i tempi di esposizione hanno un ruolo fondamentale.

Purtroppo, però, il tempo di esposizione si ricava solo nel caso di attività svolte in modo ripetitivo o qualora il mansionario sia stato definito a priori per ogni lavoratore e per ogni attività.

Per quanto riguarda invece le operazioni nei cantieri, la situazione è molto diversa: ci sono periodi in cui si passa da più di 8 ore giornaliere di utilizzo di macchine potenzialmente dannose dal punto di vista delle vibrazioni, a periodi in cui esse sono sotto utilizzate.

La legge è comunque chiara: anche nel caso in cui l'operatore sia esposto per un breve periodo a emissioni vibrazionali, occorre effettuare la valutazione del rischio e dichiarare l'A(8).

2.3 DATI DICHIARATI DAL COSTRUTTORE

Generalmente le certificazioni fornite dai fabbricanti dovrebbero essere effettuate, per ciascun macchinario, in condizioni di impiego standardizzate, conformemente a specifiche procedure di misura definite per ciascun macchinario dagli standard ISO-CEN.

Purtroppo, però, non esistono, attualmente, specifiche norme di prova (norme di tipo C) per ogni famiglia di macchine. Questo è un grosso problema.

Ad esempio, esistono delle norme per provare dinamicamente in laboratorio i soli sedili delle macchine: CEE 78/764 per le trattrici agricole, ISO 7096 per le macchine movimento terra, EN 13490 per i carrelli industriali.

Non esistono delle norme specifiche per rilevare i valori di accelerazioni sulle intere macchine appena descritte né nelle condizione di lavoro, né in cicli simulati.

Il costruttore della macchina, per ottenere il valore di accelerazione al posto guida, deve inventarsi il ciclo di lavoro. Apparentemente la cosa sembra semplice. Ad esempio, una pala caricatrice viene costruita per eseguire ben specifiche operazioni: avvicinamento al fronte cava, riempimento della pala, retromarcia con sterzata, avvicinamento all'autocarro da riempire, svuotamento della pala. Purtroppo, la rapidità con cui queste operazioni vengono condotte, la velocità di traslazione e lo stato della superficie che viene percorsa dalla macchina hanno un grosso peso sul valore finale delle accelerazioni e possono fornire risultati molto differenti.

L'applicazione dei dati forniti dai costruttori nella pratica è quindi difficile poiché, nonostante la dovizia dei particolari, non possono essere definite tutte le condizioni al contorno che sono fonti di vibrazioni nei riguardi dell'operatore.

A questo punto la confusione aumenta. L'obbligo del rispetto della legge sta mettendo in difficoltà i datori di lavoro i quali, onde evitare le misurazioni, cercano di ottenere le informazioni direttamente dai costruttori delle macchine. Questi hanno misurato effettivamente i livelli di vibrazione emessa, ma in situazioni di laboratorio, e non nelle reali condizioni di utilizzo. D'altra parte il costruttore non sa come sarà

utilizzata la propria apparecchiatura e quindi non può inventarsi dei cicli operativi particolarmente gravosi. E poi vi è da considerare un altro parametro: la concorrenza. L'essere particolarmente scrupolosi può generare livelli di vibrazione elevati che, riportati sul manuale d'uso, potrebbero far perdere la vendita della macchina perché la ditta concorrente ha dichiarato valori più bassi.

2.4 COMPORTAMENTO DELL'OPERATORE

Il comportamento dell'operatore durante le prove ha un peso notevole sull'andamento dei risultati.

Può succedere che egli, anche se opportunamente istruito sulla finalità della misurazione, una volta iniziata l'operazione, tenda ad assumere un atteggiamento non naturale ed interpreti l'azione a modo suo. Si sente cioè protagonista della scena ed usa l'attrezzo in modo appropriato, ma in condizioni limite, lontane dal normale uso da lui praticato.

Per quanto riguarda i sedili di guida, la continua regolazione del precarico delle molle del sistema di sospensione, o il non dichiarare gli eventuali urti del sedile contro i tamponi di fine corsa per non dover ripetere la prova, così come i movimenti intenzionali per produrre urti sul sedile sono situazioni abbastanza comuni.

Comuni sono anche gli urti della mano che regge gli accelerometri contro la corona del volante o le leve di azionamento della macchina.

2.5 CONSIDERAZIONI SUGLI ERRORI DI MISURA

Al fine di ottenere una buona qualità nelle misure è bene tenere in considerazione gli errori che si commettono nelle misurazioni, così come le variazioni delle condizioni operative: la concomitanza di questi due aspetti può portare ad una elevata dispersione nei risultati.

Per una opportuna qualità delle misure, occorre quindi prestare attenzione:

1. agli errori sistematici dovuti al sistema di acquisizione (fissaggio degli accelerometri, interferenze elettriche, calibrazione, peso e posizionamento degli accelerometri). Tali errori di misura possono essere minimizzati mediante la scelta di un'appropriata tecnica di misura, in grado di ridurre l'errore associato a tale componente a meno del 4%;
2. agli errori dovuti alle fluttuazioni casuali dei parametri fisici in gioco (temperatura, umidità, stabilità dell'alimentazione dell'attrezzo, omogeneità del materiale lavorato, ecc.). Tali errori possono essere minimizzati aumentando la statistica dei campionamenti. La stima dell'errore casuale di misura è ottenuta mediante il coefficiente di variazione (o la deviazione standard) di un adeguato numero di misure (con il minimo di tre) effettuate nelle identiche condizioni sperimentali;
3. alle variazioni nelle modalità di impiego dell'attrezzo di lavoro da parte di differenti operatori: tale fattore è da prendere in considerazione in quanto l'esposizione riportata nella BDV è valutata per fasi lavorative omogenee e non per singolo lavoratore. Si richiede di ripetere le misurazioni nelle stesse condizioni operative, con almeno due operatori di differenti caratteristiche antropometriche e/o esperienza professionale. Qualora il coefficiente di

variazione delle misure effettuate sia maggiore del 20% si richiede di aumentare il numero di misure includendo un terzo operatore;

4. alle variazioni nelle condizioni di manutenzione dell'utensile (come lo sbilanciamento del disco nel caso di smerigliatrici, l'usura di utensili, ecc.). Le misure vanno effettuate su attrezzature in buone condizioni di manutenzione.

L'errore complessivo nel calcolo di A(8), considerati sia i fattori di incertezza di cui ai punti 1) e 2), sia l'errore nella stima del tempo di esposizione, è generalmente elevato, dell'ordine del 20 - 40%. Conseguentemente i valori di A(8) vanno generalmente dichiarati con al massimo una cifra significativa decimale, o arrotondati per eccesso di 0.5 m/s².

3 – CONCLUSIONI

Anche se negli ultimi anni a livello legislativo e normativo sono stati fatti molti passi avanti per la tutela dell'operatore all'esposizione alle vibrazioni sul luogo di lavoro, il problema è lungi dall'essere risolto, in quanto le vibrazioni sono difficili da misurare e da valutare correttamente.

Premesso che molti datori di lavoro non sono in grado di effettuare una corretta valutazione (non per loro incapacità, ma per la difficoltà oggettiva a utilizzare correttamente le informazioni disponibili), rimane il problema di come agire.

Da un lato, la legge consente di utilizzare i valori di vibrazione riportati nelle banche dati o nei libretti di istruzione delle macchine: può quindi essere agevole, rimanendo seduti alla propria scrivania, l'utilizzo di queste informazioni prelevate tramite un collegamento Internet o sfogliando un libretto di uso e manutenzione. Se da un lato questo comportamento può non avere conseguenze sulla salute dei lavoratori, dall'altro questo atteggiamento può indurre a valutazioni sbagliate, in quanto la realtà di lavoro può non corrispondere alle informazioni accessibili in un ufficio.

In caso di dubbio sulla stima dell'A(8), non resta che effettuare le misure in campo. Anche in questo caso, però, bisogna fare molta attenzione a chi effettua le misure: la persona deve essere un tecnico competente che possieda gli strumenti idonei per la misurazione.

Inoltre, mancano ancora azioni di formazione e di sensibilizzazione verso i costruttori, i datori di lavoro e gli operatori. Queste azioni sono particolarmente necessarie alla luce delle difficoltà di interpretazione delle norme esistenti che talvolta rendono problematico il raggiungimento del fine che esse si propongono.

4 – BIBLIOGRAFIA

- Bovenzi M. (1994). Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. *Applied Ergonomics*, 25(4): 231-241
- Bovenzi M. (1999). La sindrome da vibrazioni mano-braccio: (I) quadri clinici, relazione esposizione-risposta, limiti di esposizione. *Medicina del Lavoro* 1999; 90: 547-555

- Calvo A., Deboli R., Paletto G., Preti C. (2004). Noise and vibration of chainsaws: a study to test the results repeatability. Proceedings of the 33rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (Inter-Noise), Prague 22-25 august 2004, Paper n. 171
- Deboli R., Calvo A. (2005). “Analisi dei tempi di esposizione alle vibrazioni degli operatori agro-forestali “Atti Convegno Nazionale dell’Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Catania 27 – 30 Giugno, su CD, codice 3090
- D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81. TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO. Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
- Griffin, M.J. 2004. Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union; a review. Occupational and Environmental Medicine [61], 387-397.
- ISO 2631-1: 1997 “Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 1: General requirements”
- ISO 5349-2: 2001 “Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 2; Practical guidance for measurement at the workplace”
- UNI EN 14253 “Vibrazioni meccaniche - Misurazione e calcolo della esposizione alle vibrazioni trasmesse all'intero corpo al fine di tutelare la salute dell'operatore - Guida pratica”
- Direttiva 78/764 CEE, emendata dalla Direttiva 88/465 CEE, recepita con Decreto del Presidente della Repubblica n. 212 del 10 febbraio 1981 e decreto ministeriale del 5 agosto 1991, concernente il sedile del conducente di trattori agricoli o forestali a ruote”
- ISO 7096: 2000 “Earth-moving machinery - Laboratory evaluation of operator seat vibration”
- UNI EN 13490: 2003 “Vibrazioni meccaniche - Carrelli industriali - Valutazione in laboratorio e specifica delle vibrazioni trasmesse all'operatore dal sedile”
- ISO/TR 25398, “Earth-moving machinery -- Guidelines for the assessment of exposure to whole-body mechanical vibration of ride-on machines - Use of harmonized data measured by international institutes, organizations and manufacturers”
- UNI EN 1032: 2004 “ Esame di macchine mobili allo scopo di determinare i valori di emissione vibratoria”
- ISO 5008: 2002 “Agricultural wheeled tractors and field machinery - Measurement of whole-body vibration of the operator”
- ISPESL “Linee Guida per la Prevenzione del Rischio Vibrazioni”. Reperibile sul sito <http://www.ispesl.it>