



IT/Innovazioni
Tecnologiche

COMMISSIONE TECNICA "VIBRAZIONI"
LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO
VIBRAZIONI NEL TRASPORTO PUBBLICO COLLETTIVO

Ediz: febbraio 2006
Rev. 6

Pagina 1/26



**LINEE GUIDA
PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO "VIBRAZIONI"
NEL TRASPORTO PUBBLICO COLLETTIVO**

Edizione: febbraio 2006

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO.....	4
2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI RELATIVI ALLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO ..4	
2.2 RIFERIMENTI NORMATIVI RELATIVI ALLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA CORPO INTERO ..4	
3. COMMISSIONE TECNICA ASSTRA	5
3.1 MOTIVAZIONI ED INDIVIDUAZIONE DELLA COMMISSIONE TECNICA.....5	
3.2 DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI	5
4. CRITERI DI RILEVAZIONE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO "VIBRAZIONI" NEL TRASPORTO PUBBLICO E NEGLI AMBIENTI DI LAVORO CORRELATI	6
4.1 IDENTIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ E DEI LAVORATORI ESPOSTI	6
4.2 IDENTIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI DI LAVORO.....	6
4.3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO VIBRAZIONI.....	7
5. VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA CORPO INTERO	8
5.1 EFFETTI DELLE VIBRAZIONI.....	8
5.2 LIMITI DI ESPOSIZIONE	8
5.3 METODOLOGIA PER LA DETERMINAZIONE DEI LIVELLI DI ESPOSIZIONE ALLE VIBRAZIONI MECCANICHE.....	8
5.3.1 <i>Autolinee e Filovie</i>	9
5.3.2 <i>Metropolitane, Tram e Treni</i>	9
5.4 STRUMENTAZIONE E MODALITÀ DI UTILIZZO	9
6. VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO	10
6.1 EFFETTI DELLE VIBRAZIONI.....	11
6.2 LIMITI DI ESPOSIZIONE	11
6.3 METODOLOGIA PER LA DETERMINAZIONE DEI LIVELLI DI ESPOSIZIONE ALLE VIBRAZIONI MECCANICHE.....	11
6.4 STRUMENTAZIONE E MODALITÀ DI UTILIZZO	12
7. CRITERI GENERALI DELLE MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO	13
8. RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE VALUTAZIONI	13
9. ESITI DELLE CAMPAGNE DI MISURAZIONI	14
10. CONSIDERAZIONI FINALI	17
10.1 CORPO INTERO	17
10.2 MANO – BRACCIO	18
10.3 INDIRIZZI FUTURI	21
11. BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI NORMATIVI	23
11.1 PUBBLICAZIONI	23
11.2 NORMATIVA EUROPEA.....	23
11.3 NORMATIVA ITALIANA	23
11.4 NORME DI BUONA TECNICA INTERNAZIONALI E NAZIONALI.....	24

1. PREMESSA

È noto che l'esposizione umana a vibrazioni meccaniche può rappresentare un fattore di rischio non trascurabile per i lavoratori che fanno uso di attrezzature vibranti portatili o condotte a mano o che siano impegnati nella conduzione di veicoli per il trasporto di cose o persone o di mezzi d'opera.

Si calcola (fonte ISPESL) che oltre il 5% della forza lavoro sia esposta a vibrazioni a causa del contatto fisico con attrezzature vibranti. Tale percentuale è certamente più elevata in alcuni specifici settori, quale ad esempio la manutenzione stradale.

Fisicamente, una vibrazione meccanica consiste in una perturbazione dello stato di quiete della materia indotta generalmente da una sollecitazione esterna, che determina un moto oscillatorio rispetto alla situazione di equilibrio.

Sotto il profilo fisico, quindi, le vibrazioni meccaniche possono essere descritte in funzione della frequenza, della lunghezza d'onda, dell'ampiezza, dello spostamento, della velocità e dell'accelerazione delle particelle oscillanti.

Ai fini della valutazione dell'esposizione umana, la nocività dell'esposizione a vibrazioni dipende dalle caratteristiche fisiche delle sollecitazioni, in particolare dalla frequenza della vibrazione, e dalle condizioni in cui vengono trasmesse: estensione della zona di contatto con l'oggetto che vibra e parti del corpo direttamente esposte (mani, piedi, glutei, ...), direzione di propagazione, tempo di esposizione. Gli effetti nocivi interessano nella maggior parte dei casi, sulla base di dati statistici ormai consolidati, il distretto mano-braccio, interessando prevalentemente le terminazioni nervose e vascolari, l'apparato tendineo, le ossa e le articolazioni della mano, del polso e del gomito; il rapporto causa-effetto dell'esposizione a vibrazioni con altre patologie, ad esempio a carico del distretto dorso lombare, è a tutt'oggi oggetto di studio e discussione. Sono peraltro noti o ipotizzati ulteriori effetti, anche facilmente riscontrabili, quali l'affaticamento psicofisico dei soggetti esposti.

In relazione alle lavorazioni ed alle conseguenti modalità di esposizione, è possibile distinguere due criteri di rischio: il primo che interessa il sistema corpo intero deve essere valutato, secondo quanto definito dalla norma ISO 2631 parte 1 richiamata dalla Direttiva europea, nel campo di frequenza da 1 Hz a 80 Hz che si riscontra ad esempio nei conducenti di veicoli a causa del contatto con il sedile, il secondo interessa il sistema mano braccio e deve essere valutato, secondo quanto definito dalla norma ISO 5349 richiamata dalla Direttiva europea, nel campo di frequenza da 5 Hz a 1400 Hz che si riscontra ad esempio nelle lavorazioni che utilizzano attrezzi manuali a percussione.

Inoltre, le Linee Guida pubblicate dall'ISPESL all'inizio del 2000 (e successivamente aggiornate periodicamente) indicano i "provvedimenti consigliati dalla tecnica", ovvero costituiscono di fatto quelle "norme di buona tecnica" che l'articolo 2087 del codice civile impone ai datori di lavoro per la tutela della salute e della sicurezza del prestatore d'opera.

2. QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO

Nella vigente legislazione europea il problema inerente all'esposizione professionale a vibrazioni è affrontato nella Direttiva 2002/44/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 giugno 2002, sulle *"prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni)"*, recepita con Decreto Legislativo n. 187 del 19 agosto 2005, pubblicato sulla G. U. n. 220 del 21 settembre 2005.

Va ricordato in proposito che per questo agente di rischio è ancora in vigore l'articolo 24 del D.P.R. 303/56 "Rumori e scuotimenti" che recita: *".....nelle lavorazioni che producono scuotimenti, vibrazioni o rumori dannosi ai lavoratori, devono adottarsi i provvedimenti consigliati dalla tecnica per diminuirne l'intensità"*.

In linea generale si fa riferimento, per quanto applicabile, al D.Lgs. 626/94 e successive integrazioni e modifiche. In particolare, in tutti i documenti di valutazione del rischio, deve comparire (ex art. 4 del Decreto Lgs. 626/94) la valutazione del rischio da vibrazioni e l'indicazione delle eventuali misure generali di tutela e sicurezza oramai acquisite e standardizzate nella pratica prevenzionistica per la gestione del rischio quali: l'informazione e la formazione dei lavoratori, le misure tecniche e organizzative per la riduzione del rischio, la sorveglianza sanitaria, ecc

2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI RELATIVI ALLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO

La direttiva europea 2002/44/CE introduce le prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni). 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), conformemente ai capitoli 4 e 5 e all'allegato A della norma UNI EN ISO 5349-1:2004 "Vibrazioni meccaniche – Misurazione e valutazioni dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano – Parte 1: Requisiti generali".

I metodi di misurazione del livello di esposizione alle vibrazioni meccaniche e le apparecchiature utilizzate devono essere adattate alle particolari caratteristiche delle vibrazioni meccaniche da misurare, ai fattori ambientali e alle caratteristiche dell'apparecchio di misurazione, conformemente alla norma UNI EN ISO 5349-2:2004 "Vibrazioni meccaniche – Misurazione e valutazioni dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano – Parte 2: Guida pratica per la misurazione al posto di lavoro".

2.2 RIFERIMENTI NORMATIVI RELATIVI ALLE VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA CORPO INTERO

La Direttiva europea 2002/44/CE introduce le prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni). La valutazione del livello di esposizione alle vibrazioni trasmesse al sistema corpo intero si basa principalmente sul calcolo del valore dell'esposizione giornaliera normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore A(8) espressa come l'accelerazione continua equivalente in 8 ore conformemente agli articoli dell'allegato A e dell'allegato B delle norme ISO 2631-1 (1997): Mechanical vibration and

shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements (valutazione dell'esposizione umana alle vibrazioni di tutto il corpo – parte 1: Generalità).

Indicazioni ulteriori, per quanto non esplicitamente definito nella norma di riferimento, possono essere ricavati dalla Norma EN 1032: 2003 "Mechanical vibration – Testing of mobile machinery in order to determine the vibration emission value", recepita in Italia come UNI EN 1032:2004.

3. COMMISSIONE TECNICA ASSTRA

3.1 MOTIVAZIONI ED INDIVIDUAZIONE DELLA COMMISSIONE TECNICA

Come già detto nella premessa l'esposizione umana a vibrazioni meccaniche può rappresentare un fattore di rischio non trascurabile per i lavoratori.

Considerando l'obbligo di valutare tutti i fattori di rischio, attuando misure di prevenzione e sorveglianza sanitaria, come previsto dal quadro di riferimento normativo, ASSTRA ha ritenuto necessario promuovere l'iniziativa di riunire un campione rappresentativo delle aziende di trasporto pubblico, che nel loro insieme comprendono tutti i sistemi di trasporto pubblico locale, su gomma, tranviario, ferroviario e di metrò, per monitorare e valutare l'entità del fenomeno "VIBRAZIONI MECCANICHE" nel mondo del trasporto, al fine di avviare campagne di misura uniformi e facilmente confrontabili.

Per garantire il carattere di assoluta scientificità dell'indagine le misurazioni sono state condotte da Enti Accademici e/o Società di consulenza qualificati con elevate esperienza, professionalità ed autorevolezza, con la collaborazione delle Aziende di Trasporto.

Si è così costituita una Commissione Tecnica composta dalle seguenti Aziende associate, e coordinata da ASSTRA stessa: ANM S.p.A. Napoli, AMT S.p.A. Verona, ATAC S.p.A. Roma, ATC S.p.A. Bologna, ATCM S.p.A. Modena, CIRCUMVESUVIANA S.r.l. Napoli, COTRAL S.p.A. Roma, CTP S.p.A. Napoli, FNME S.p.A. e FNMT S.r.l. Milano, GTT S.p.A. Torino, METRO S.p.A. Roma, SEPSA S.p.A. Napoli, TRAMBUS S.p.A. Roma.

3.2 DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI

La Commissione ha stabilito che gli obiettivi della campagna di valutazione siano di:

- Rispondere adeguatamente agli obblighi normativi per la tutela dei lavoratori;
- Normalizzare le metodiche di misura e di valutazione predisponendo delle *"Linee Guida per la valutazione del rischio vibrazioni nel Trasporto Pubblico Collettivo"*;
- Avviare campagne di misura uniformi e facilmente confrontabili;
- Creare una banca dati omogenea e confrontabile fra realtà lavorative relative al settore del trasporto collettivo;
- Consentire alle Aziende, attrici delle campagne di misura, e per estensione, alle Aziende tutelate da ASSTRA, di individuare eventuali interventi preventivi, correttivi o migliorativi;
- Acquisire conoscenza per indirizzare comportamenti futuri.

4. CRITERI DI RILEVAZIONE PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO "VIBRAZIONI" NEL TRASPORTO PUBBLICO E NEGLI AMBIENTI DI LAVORO CORRELATI

Nel seguito si descrivono i criteri adottati per la valutazione del rischio "Vibrazioni" nel trasporto pubblico e negli ambienti di lavoro correlati, affinché i risultati ottenuti siano omogenei e quindi confrontabili tra loro.

L'intervento operativo per la valutazione del rischio "Vibrazioni" deve portare alla:

- identificazione delle attività e dei lavoratori esposti (riferendosi a specifiche figure professionali);
- identificazione degli ambienti di lavoro (sapendo che le vibrazioni sono causate sia dai rotabili che dalle attrezzature utilizzate durante la manutenzione);
- identificazione della metodica di indagine (avvalendosi delle banche dati ISPESL o INAIL, oppure, qualora non fossero disponibili dati coerenti con la propria realtà, procedendo a misure dirette).

4.1 IDENTIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ E DEI LAVORATORI ESPOSTI

La letteratura scientifica, le linee guida ISPESL, gli studi INAIL nonché le valutazioni strumentali già eseguite da alcune Aziende consociate all'ASSTRA, hanno consentito di circoscrivere il problema delle vibrazioni a specifiche figure professionali del settore dei trasporti esposte durante l'espletamento delle proprie attività lavorative al rischio vibrazioni:

- conducenti di rotabili automobilistici e filoviari;
- conducenti di rotabili tranviari e ferroviari;
- addetti alla manutenzione dei rotabili e delle infrastrutture.

4.2 IDENTIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI DI LAVORO

Le vibrazioni vengono causate sia dai rotabili (autobus, filobus, tram, treni) che dalle attrezzature utilizzate durante la manutenzione dei rotabili (es. utensili pneumatici) e delle infrastrutture/impianti (es. martelli demolitori, escavatori, ecc.). Pertanto, sono stati definiti i seguenti macro-ambiti come di "interesse" per misurare e valutare i livelli di vibrazione trasmessi agli operatori:

Mezzi di trasporto:	Autobus urbano
	Autobus extraurbano
	Filobus
	Tram
	Rotabili ferroviari (di trazione e non)
	Carrelli motori ferroviari
Officina:	Sostituzione pneumatici/manutenzione carrelli
	Attività di carrozzeria e allestimento veicoli
Squadre manutenzione infrastrutture:	Armamento ed elettrificazione

L'elenco degli ambiti di interesse proposto deve in ogni caso essere inteso come non necessariamente esaustivo: eventuali attività particolari svolte con utilizzo non occasionale di attrezzature portatili vibranti riportati nella tabella seguente, o similari, dovranno essere attentamente considerate caso per caso ed eventualmente sottoposte a valutazione dettagliata. Si precisa che l'elenco delle attrezzature è riportato a titolo esemplificativo e non esaustivo dovendo ogni Azienda personalizzarlo in funzione della propria realtà.

Dovranno altresì essere attentamente considerate eventuali attività svolte mediante la conduzione non occasionale di mezzi d'opera quali pale meccaniche, dozer, escavatori, autocarri – dumper, macchine operatrici ferroviarie, o altre macchine similari.

ATTREZZATURA	AZIONAMENTO
Smerigliatrici	Elettrico o pneumatico
Levigatrici portatili orbitali o rotoorbitali	
Scalpellini e scrostatori	
Frese portatili	
Trapani a percussione portatili	
Martelli demolitori o perforatori	
Avvitatori ad impulso meccanico o massa battente	
Avvitatori a salterelli	
Seghe e seghetti	
Motoseghe e decespugliatori	Elettrico o a combustione interna
Lame vibranti	
Imbullonatrice	
Incavigliatrice	

4.3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO VIBRAZIONI

La valutazione del rischio potrà essere effettuata senza misurazioni con l'ausilio delle banche dati allegate alle linee guida ISPESL o campagne di misura INAIL reperibili su rispettivi siti Internet.

Qualora non siano disponibili dati coerenti con le proprie realtà o la valutazione basata sull'ausilio delle banche dati conduca a valori vicini ai limiti, per prudenza sarà necessario procedere alle misurazioni dirette effettuate sulla superficie di contatto tra il corpo e la sorgente delle vibrazioni.

A tal fine, per avere dei valori confrontabili tra loro le rilevazioni saranno eseguite su addetti che, dal punto di vista antropometrico, abbiano delle caratteristiche rappresentative della media della popolazione degli stessi.

Nella valutazione non va, comunque, trascurata l'incertezza nella misura delle accelerazioni dovuta principalmente ai seguenti fattori:

- Sistema di acquisizione dati (fissaggio degli accelerometri, calibrazione, ecc.);
- Fluttuazione parametri fisici (temperatura, umidità, ecc.);
- stato manutenzione del mezzo/utensile in prova;
- stato di manutenzione e caratteristiche del percorso (asfalto, tipologia terreno/massicciata, ecc.).

5. VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA CORPO INTERO

In ambiente di lavoro l'esposizione a vibrazioni secondo la modalità cosiddetta corpo intero è generalmente causata dal contatto della schiena e dei glutei del soggetto esposto con un sedile, o dallo stare in piedi su un mezzo di trasporto od in vicinanza di macchine vibranti. Le sollecitazioni somministrate al distretto dorso lombare, pur di particolare interesse, non sono le uniche possibili criticità considerate.

5.1 EFFETTI DELLE VIBRAZIONI

L'esposizione a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo da macchine e/o veicoli industriali, agricoli, di trasporto pubblico è associata ad un aumentato rischio di insorgenza di disturbi e lesioni a carico del rachide lombare. In alcuni studi è stato anche segnalato che l'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero può causare alterazioni del distretto cervico-brachiale, dell'apparato gastroenterico, del sistema venoso periferico, dell'apparato riproduttivo femminile, ed infine del sistema cocleo-vestibolare. Indagini di tipo trasversale e longitudinale hanno fornito una sufficiente evidenza epidemiologica per una relazione causale tra esposizione professionale a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo e patologia del rachide lombare, mentre l'associazione tra vibrazioni e lesioni ad altri organi o apparati non è stata ancora adeguatamente documentata. Le vibrazioni a bassa frequenza (< 0.5 Hz) possono provocare disturbi chinetosici definiti nel loro insieme come "mal di trasporti".

Non essendo il presente lavoro un trattato medico per una trattazione completa si rimanda alla letteratura specializzata.

5.2 LIMITI DI ESPOSIZIONE

La direttiva europea 2002/44/CE definisce all'articolo 3 comma 1 le soglie limite di accelerazione equivalente ponderata riferita ad 8 ore rispettivamente "Livello di azione" pari a $A(8) = 0.5$ m/s^2 e "Livello massimo" pari a $A(8) = 1.15$ m/s^2 .

5.3 METODOLOGIA PER LA DETERMINAZIONE DEI LIVELLI DI ESPOSIZIONE ALLE VIBRAZIONI MECCANICHE

La valutazione degli effetti delle vibrazioni sul sistema corpo intero può avvenire prevedendo due possibilità:

- a) Valutazione con misurazioni. Le misure devono essere condotte per un periodo di tempo significativo, di norma corrispondente ai percorsi individuati come rappresentativi (come

specificato nel paragrafo seguente). I dati misurati devono consentire il calcolo dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza conformemente alle norme di riferimento.

b) Valutazioni attraverso dati disponibili in letteratura. In questo caso è opportuno che i rotabili ferro/gomma utilizzati siano comparabili a quelli per cui sono disponibili i dati, in particolare:

- ✓ Rotabili su ferro: scartamento, azionamento (elettrico o diesel);
- ✓ Rotabili su gomma: marca e modello.

È opportuno comunque sottolineare che le campagne di misure condotte dalle Aziende di trasporto collettivo (si veda capitolo 9), hanno sempre evidenziato risultati molto lontani dalle soglie di attenzione, per cui la raccomandazione può essere di non fare le misure se lo stato dei veicoli, dal punto di vista manutentivo, è efficiente e nel contempo i veicoli stessi percorrono strade di tipologie e di livelli manutentivi simili.

Per l'inserimento dei dati è possibile utilizzare, come fac-simile, la Scheda tecnica 5.3, predisposta sulla base delle schede INAIL.

5.3.1 Autolinee e Filovie

Le misurazioni sui veicoli devono essere eseguite sui percorsi individuati come rappresentativi, che devono comprendere:

1. la percorrenza dal deposito per raggiungere il capolinea;
2. l'intero percorso da capolinea a capolinea;
3. rientro in deposito.

Al fine di rendere omogenei i risultati ottenuti le condizioni di misurazione devono essere le seguenti:

- simulazione di un percorso di linea con fermate accessorie ed un carico di passeggeri rappresentativo delle condizioni medie di esercizio;
- la tratta individuata dovrà essere percorsa in considerazione delle condizioni medie del traffico veicolare e dell'andamento altoplanimetrico.

5.3.2 Metropolitane, Tram e Treni

Le misurazioni sui convogli devono essere eseguite sui percorsi individuati come rappresentativi.

Al fine di rendere omogenei i risultati ottenuti le condizioni di misurazioni devono essere le seguenti:

- normale servizio di linea con passeggeri a bordo effettuato alla normale velocità prevista dall'orario di servizio.

5.4 STRUMENTAZIONE E MODALITÀ DI UTILIZZO

Le rilevazioni dovranno essere eseguite con strumentazione conforme ai requisiti della normativa ISO 8041:1990 "Human response to vibration – Measuring instrumentation" e della equivalente norma UNI ENV 28041, in particolare:

- Analizzatore multicanale;
- Calibratore (sorgente calibrata di vibrazioni);
- Accelerometro triassiale per sedili;
- Eventualmente n. 1 accelerometro triassiale o n. 3 accelerometri monoassiali (per misure non su sedili);
- Eventuale kit fissaggio accelerometri.

Gli accelerometri devono possedere caratteristiche di massa, di sensibilità e di risposta in frequenza adeguate alle caratteristiche delle sollecitazioni investigate.

L'accelerometro triassiale deve essere inoltre conforme alle caratteristiche delineate in EN 1032:2003 ed in ISO 10326-1:1992 "Mechanical vibration – Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration".

La strumentazione in oggetto deve essere periodicamente revisionata e sottoposta a taratura presso i centri di assistenza specializzati, con intervallo non superiore ai 2 anni.

All'inizio ed alla fine di ogni serie di rilevazioni la catena di misura deve essere controllata mediante un segnale di riferimento prodotto da idoneo calibratore applicando le procedure e le eventuali correzioni conformemente alla documentazione tecnica di corredo alla strumentazione ed alle caratteristiche della sonda accelerometrica testata.

La scelta delle impostazioni strumentali (tempo di integrazione, costante di tempo, fondo scala strumentale) deve essere di volta in volta effettuata in modo appropriato in base ai valori di vibrazione misurati, se necessario ricorrendo a misurazioni di prova; in specifico, sulla scorta delle indicazioni fornite dalla letteratura tecnica disponibile ed alle esperienze acquisite, le misurazioni devono essere effettuate con modalità di integrazione lineare e costante di tempo SLOW (1 s o similari).

La strumentazione impiegata deve consentire il rilievo contemporaneo lungo le tre direzioni di riferimento x, y, z del parametro accelerazione ponderata nel campo di frequenza 1 – 80 Hz (frequenze centrali delle bande di 1/3 di ottava). Le direzioni devono essere orientate secondo la posizione del conducente (di fatto sui veicoli una delle direzioni orizzontali sarà orientata lungo la direzione di marcia del veicolo).

I rilievi devono essere protratti per un tempo significativo come indicato dalle norme UNI EN 1032 (par. 5.4) e ISO 2631-1 (par. 5.5).

6. VIBRAZIONI TRASMESSE AL SISTEMA MANO-BRACCIO

L'esposizione a vibrazioni al sistema mano-braccio è generalmente causata dal contatto delle mani con l'impugnatura di utensili manuali o di macchinari condotti a mano.

Le linee guida non inseriscono tra le sorgenti di vibrazioni il VOLANTE dei mezzi di trasporto; tale esclusione è rafforzata anche dall'indagine strumentale effettuata dall'INAIL regione Toscana che ha rilevato sul volante di un auto veicolo valori inferiori a quelli riferiti a livello di azione per le vibrazioni fissato dalla normativa. Ulteriore indiretta conferma si trova nella circostanza che

tutte le campagne di misura effettuate sia dall'INAIL che dall'ISPESL, circoscrivono per il trasporto le vibrazioni al solo sistema corpo intero.

La scelta di escludere le misurazioni mano-braccio è, inoltre, motivata dai valori assolutamente lontani dai limiti in campo ferroviario e comunque al di sotto dei limiti relativamente alle autolinee, già emersi dalla campagne di misurazioni condotte da alcune Società di trasporto.

Alla luce di quanto sopra si può ragionevolmente ritenere di procedere alla valutazione del rischio per il sistema mano-braccio per i soli addetti impiegati nelle attività manutentive.

6.1 EFFETTI DELLE VIBRAZIONI

L'esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio generate da utensili portatili e/o da manufatti impugnati e lavorati su macchinario fisso è associata ad un aumentato rischio di insorgenza di lesioni vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche a carico del sistema mano-braccio. L'insieme di tali lesioni è definito *Sindrome da Vibrazioni Mano-Braccio*. La componente vascolare della sindrome è rappresentata da una forma secondaria di fenomeno di Raynaud definita "*vibration-induced white finger*" (WWF); la componente neurologica è caratterizzata da un neuropatia periferica prevalentemente sensitiva, la componente osteoarticolare comprende lesioni cronico-degenerative a carico dei segmenti ossei ed articolari degli arti superiori, in particolare a livello dei polsi e dei gomiti. Alcuni studi hanno anche riportato un aumentato rischio di alterazioni muscolo-tendinee e di intrappolamento dei tronchi nervosi nei lavoratori che usano utensili vibranti.

Non essendo il presente lavoro un trattato medico per una trattazione completa si rimanda alla letteratura specializzata.

6.2 LIMITI DI ESPOSIZIONE

La direttiva europea 2002/44/CE definisce all'articolo 3 comma 1 le soglie limite di accelerazione equivalente ponderata riferita ad 8 ore rispettivamente "Livello di azione" pari a $A(8) = 2.5 \text{ m/s}^2$ e "Livello massimo" pari a $A(8) = 5 \text{ m/s}^2$.

6.3 METODOLOGIA PER LA DETERMINAZIONE DEI LIVELLI DI ESPOSIZIONE ALLE VIBRAZIONI MECCANICHE

La valutazione degli effetti delle vibrazioni sul sistema mano-braccio può avvenire prevedendo due possibilità:

- a) Valutazione con misurazioni. Le misure devono essere condotte per un periodo di tempo significativo, di norma corrispondente ad uno o più cicli completi di lavorazione (es. per l'attività di sostituzione pneumatici è necessario eseguire le misurazioni su un ciclo di lavoro completo, sostituzione pneumatici su tutti gli assi). Nel caso di attività di breve durata o ampiamente variabili come modalità di esecuzione sarà necessario eseguire un numero di rilievi sufficiente a conseguire un adeguato livello di confidenza dei risultati.

In ogni caso la strumentazione impiegata deve consentire l'esecuzione delle attività previste in condizioni di sicurezza.

I dati misurati devono consentire il calcolo dell'accelerazione equivalente ponderata in frequenza conformemente alle norme di riferimento.

- b) Valutazioni attraverso dati disponibili in letteratura e o forniti dal Costruttore. In questo caso è opportuno che l'apparecchiatura utilizzata sia simile a quella per cui sono disponibili dati. È opportuno sottolineare che per i dati forniti dal costruttore la certificazione della macchina avviene in condizioni di riferimento, in laboratorio, con utensili nuovi e materiale lavorato standard, facendo talvolta uso di stativi. Le condizioni quindi possono risultare differenti dal normale utilizzo lavorativo.

Per l'inserimento dei dati è possibile utilizzare, come fac-simile, la Scheda tecnica 6.3/Attrezzature, predisposta sulla base delle schede INAIL.

6.4 STRUMENTAZIONE E MODALITÀ DI UTILIZZO

Le rilevazioni dovranno essere eseguite con strumentazione conforme ai requisiti della normativa ISO 8041:1990 "Human response to vibration – Measuring instrumentation" e della equivalente norma UNI ENV 28041, in particolare:

- Analizzatore multicanale;
- Calibratore (sorgente calibrata di vibrazioni);
- Accelerometro triassiale o n. 3 accelerometri monoassiali;
- Eventuale kit di fissaggio degli accelerometri.

Gli accelerometri devono possedere caratteristiche di massa, di sensibilità e di risposta in frequenza adeguate alle caratteristiche delle sollecitazioni investigate.

La strumentazione in oggetto deve essere periodicamente revisionata e sottoposta a taratura presso i centri di assistenza specializzati, con intervallo non superiore a 2 anni.

All'inizio ed alla fine di ogni serie di rilevazioni la catena di misura deve essere controllata mediante un segnale di riferimento prodotto da idoneo calibratore applicando le procedure e le eventuali correzioni conformemente alla documentazione tecnica di corredo alla strumentazione ed alle caratteristiche della sonda accelerometrica testata.

La scelta delle impostazioni strumentali (tempo di integrazione, costante di tempo, fondo scala strumentale) deve essere di volta in volta effettuata in modo appropriato in base ai valori di vibrazione misurati, se necessario ricorrendo a misurazioni di prova; in specifico, sulla scorta delle indicazioni fornite dalla letteratura tecnica disponibile ed alle esperienze acquisite, le misurazioni devono essere effettuate con modalità di integrazione lineare e costante di tempo FAST o equivalente (125 ms ovvero pari a 1/8 s).

La strumentazione impiegata deve consentire il rilievo contemporaneo lungo le tre direzioni di riferimento x, y, z del parametro accelerazione ponderata nel campo di frequenza 6.3 – 1250 Hz (frequenze centrali delle bande di 1/3 di ottava).

I trasduttori devono essere fissati alle strutture vibranti con modalità di volta in volta selezionate tra le metodologie previste nella norma tecnica UNI EN ISO 5349-2 2004 o ISO 5348:1998 "Mechanical vibration and shock – Mechanical mounting of accelerometers" e secondo quanto indicato dalle istruzioni tecniche fornite dai costruttori.

La massa complessiva delle sonde accelerometriche e degli eventuali adattatori per il fissaggio all'attrezzatura vibrante dovrà essere trascurabile rispetto alla massa della attrezzatura esaminata (indicativamente non superiore al 5%).

7. CRITERI GENERALI DELLE MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO

Al fine di una buona esecuzione delle misurazioni per garantire la significatività dei risultati, i rilievi potranno essere condotti con adeguata tecnica di campionamento, da definirsi di volta in volta in funzione delle caratteristiche delle attività svolte, considerando tra l'altro:

- turnazione e rotazione del personale;
- composizione ed ampiezza del parco mezzi ed attrezzature;
- tempi di utilizzo delle apparecchiature;
- tipologie e durata dei percorsi in relazione alle caratteristiche del percorso (caratteristiche della sede, velocità, pendenze e curve), numero di fermate.

In linea generale sono consigliate tecniche di campionamento stratificato in funzione delle categorie di attrezzature o mezzi, della data di entrata in servizio, e delle tratte percorse.

8. RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE VALUTAZIONI

La documentazione redatta, controfirmata dal tecnico misuratore e dal soggetto responsabile della valutazione, dovrà contenere esplicita indicazione di conformità alle norme tecniche e legislative adottate.

La valutazione e le misurazioni devono essere effettuate dai Servizi Competenti tenendo conto delle disposizioni relative alle competenze richieste di cui al D.Lgs. 626/94.

Dovranno inoltre essere dichiarati e brevemente descritti:

- strumentazione utilizzata ed accessori;
- impostazioni strumentali adottate;
- modalità di fissaggio delle sonde;
- criteri di campionamento;
- attività esaminate ed attrezzature sottoposte a verifica;
- durata e risultati assiali delle singole misure.

La relazione sarà inoltre completata con il calcolo dei parametri di esposizione delle figure professionali considerate, in funzione delle attività svolte e dei tempi di effettivo utilizzo delle attrezzature vibranti, secondo le formule e gli algoritmi indicate dalla normativa di riferimento.

La relazione tecnica prodotta e la documentazione allegata dovranno essere conservati per consultazione e per assolvere gli obblighi di legge ove esistenti.

9. ESITI DELLE CAMPAGNE DI MISURAZIONI

I risultati delle campagne di misura sono stati portati all'attenzione della Commissione Tecnica Asstra al fine di individuare e suggerire eventuali provvedimenti migliorativi. A tale riguardo sono state predisposte due tabelle (figura 9, di seguito allegate) che per i due sistemi mano-braccio e corpo intero legano l'accelerazione misurata, al tempo espresso in minuti che determina il raggiungimento dei limiti previsti dalla normativa. L'uso delle tabelle è semplice ed intuitivo e permette, conoscendo l'accelerazione di un'attrezzatura singola (ad esempio $HA = 6,5 \text{ m/s}^2$), di sapere immediatamente i tempi d'uso "critici", ovvero – per il caso in esempio – che con un uso protratto di 71 minuti si raggiunge la soglia d'azione; inoltre se il tempo di utilizzo supera i 284 minuti, viene superata la soglia limite. Per il calcolo dei livelli di esposizione riferiti all'uso combinato di più attrezzature nella giornata tipo di riferimento, è invece necessario l'uso delle formule di calcolo previste dal decreto.

Le Relazioni illustrative delle campagne di misurazione condotte dalle Aziende e le Schede tecniche dei risultati, sono contenute nel CD ROM ASSTRA.

Nel seguito sono riassunti i percorsi seguiti dalle diverse Aziende.

AZIENDE	FERRO		GOMMA	
	CORPO INTERO	MANO - BRACCIO	CORPO INTERO	MANO - BRACCIO
ATCM Modena	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
CIRCUMVESUVIANA Napoli	<input checked="" type="checkbox"/>			
COTRAL Roma			<input checked="" type="checkbox"/>	
CTP Napoli			<input checked="" type="checkbox"/>	
FNME Milano	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
FNMT Milano	<input checked="" type="checkbox"/>			
GTT Torino	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
METRO Roma	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
SEPSA Napoli	<input checked="" type="checkbox"/>			
TRAMBUS Roma			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

ATCM S.p.A. Modena: ha iniziato una collaborazione con la ASL di Modena nell'ambito di un progetto europeo a cui partecipano anche l'ISPESL, le Università di Siena e di Trieste, avente lo scopo di verificare la validità dei parametri indicati dalla direttiva. Nell'ambito del progetto alcuni autisti volontari dell'ATCM dovranno compilare, per quattro anni, un questionario. Le misurazioni, effettuate da tecnici ISPESL e alla presenza della AUSL di Modena, sono state eseguite sul sistema corpo intero per il personale conducente (veicoli su ferro e su gomma). L'ATCM è in attesa di ricevere i risultati elaborati da ISPESL per procedere alla valutazione della esposizione. Contemporaneamente è stata effettuata la valutazione della esposizione alle vibrazioni del sistema mano braccio e corpo intero da parte del personale addetto alle manutenzioni a cura del Servizio Prevenzione e Protezione di ATCM, che si è appoggiata per le misure ad uno studio di consulenza esterno. I valori riscontrati, alla fine del percorso di miglioramento, hanno evidenziato una esposizione residua, peraltro nettamente al di sotto dei valori limite ammissibili, su tre reparti: armamento ferroviario, manutenzione rotabili fer-

roviani e carrozzeria manu-tenzione autobus. Sono pertanto stati attivate le ulteriori azioni a tutela del lavoratore: allargamento della sorveglianza sanitaria agli aspetti legati alle vibrazioni, informazione e formazione accurata su tale rischio e comportamenti congrui e limiti temporali di utilizzo delle attrezzature vibranti.

CIRCUMVESUVIANA S.r.l. e SEPSA S.p.A. Napoli: hanno eseguito misurazioni sul sistema corpo intero nei veicoli ferroviari e successivamente saranno effettuate quelle negli autobus. Le Aziende hanno stipulato una consulenza con il Dipartimento di Progettazione Aeronautica dell'Università "Federico II" di Napoli; i valori riscontrati si mantengono al di sotto dei limiti prescritti dalla normativa.

COTRAL S.p.A. Roma: ha avviato le proprie campagne di misura delle vibrazioni sul sistema corpo intero. Per le misurazioni sono state prese in considerazione quattro tipologie di veicoli in circolazione sulle strade provinciali e statali. I valori riscontrati sono inferiori ai limiti prescritti dalla normativa.

CTP S.p.A. Napoli: ha condotto le proprie misurazioni sulle linee di autobus – sistema corpo intero, stipulando una consulenza con l'Università "Federico II" di Napoli con un Professore di Medicina del lavoro.

FNME S.p.A. e FNMT S.r.l. Milano: le misurazioni eseguite dalle Aziende hanno interessato il proprio parco veicolare ferroviario (sistema corpo intero), registrando valori in coerenza con la normativa. Analoga considerazione, con qualche singola eccezione, vale per le misure delle vibrazioni sui sistemi mano-braccio e corpo intero relativi ad infrastrutture ed officine.

GTT S.p.A. Torino: ha condotto una campagna nel 2000 (riferendosi alle norme ISO del settore, unico riferimento dell'epoca) su tram, treni, autobus. Le misurazioni condotte hanno riguardato il corpo intero ed il sistema mano-braccio evidenziando una influenza significativa delle condizioni al contorno. I valori emersi sono risultati al di sotto dei limiti previsti. L'Azienda ha deciso, comunque, di integrare la valutazione dei rischi ripetendo alcune misure ed effettuando una nuova campagna sui veicoli di recente acquisizione, seguendo il protocollo comune predisposto dalla Commissione Tecnica su tutti i sistemi di trasporto. Le campagne condotte sui veicoli hanno riconfermato misure coerenti con i limiti previsti dalla normativa vigente. Inoltre è stata condotta una prima analisi conoscitiva sulle principali attrezzature di officina che ha evidenziato l'importanza dei limiti temporali di esposizione.

MET.RO. S.p.A. Roma: ha concluso con esito positivo le misurazioni delle vibrazioni sul corpo intero sulle due linee della metropolitana romana e sulle tre linee ferroviarie concesse, coinvolgendo quasi tutte le tipologie dei treni in dotazione. L'Azienda ha, inoltre, effettuato misurazioni sul sistema mano-braccio sulle attrezzature utilizzate dal personale del servizio giardini.

TRAMBUS S.p.A. Roma: ha già condotto, avvalendosi della consulenza della Società "Master", una campagna di misurazione sugli autobus urbani e tram su alcune linee campione, utilizzando un veicolo per ogni tipologia posseduta. I valori riscontrati per le vibrazioni risultano sempre al di sotto dei limiti consentiti dalla Direttiva, anche se risultano essere influenzati da diversi fattori quali: presenza di fondi stradali particolari; diversa tipologia di autobus. Nel corso dei lavori della Commissione Tecnica sono state condotte le misurazioni delle vibrazioni, sul sistema mano-braccio, prodotte dalle attrezzature utilizzate nelle officine. Anche in questo caso è opportuno tenere in considerazione i limiti temporali di esposizione.



Limiti temporali decreto 187/2005
(in minuti)

HA	Limiti HA	
	m/s ²	
2.2	620	5
2.3	567	
2.4	521	
2.5	480	
2.6	444	
2.7	412	
2.8	383	
2.9	357	
3.0	333	
3.1	312	
3.2	293	
3.3	275	
3.4	260	
3.5	245	
3.6	231	
3.7	219	
3.8	208	
3.9	197	
4.0	188	
4.1	178	
4.2	170	
4.3	162	
4.4	155	620
4.5	148	593
4.6	142	567
4.7	136	543
4.8	130	521
4.9	125	500
5.0	120	480
5.5	99	397
6.0	83	333
6.5	71	284
7.0	61	245
7.5	53	213
8.0	47	188
8.5	42	166
9.0	37	148
9.5	33	133
10.0	30	120
11.0	25	99
12.0	21	83
13.0	18	71
14.0	15	61
15.0	13	53
16.0	12	47
17.0	10	42
18.0	9	37
19.0	8	33
20.0	8	30
25.0	5	19
30.0	3	13
35.0	2	10
40.0	2	8
45.0	1	6

WB	Limiti WB	
	m/s ²	
0.447	601	1.15
0.45	593	
0.50	480	
0.51	461	
0.52	444	
0.53	427	
0.54	412	
0.55	397	
0.56	383	
0.57	369	
0.58	357	
0.59	345	
0.60	333	
0.63	302	
0.65	284	
0.67	267	
0.70	245	
0.73	225	
0.75	213	
0.80	188	
0.85	166	
0.90	148	
0.95	133	
1.00	120	635
1.05	109	578
1.10	99	525
1.13	94	497
1.15	91	480
1.20	83	441
1.25	77	408
1.30	71	378
1.35	66	348
1.40	61	324
1.45	57	302
1.50	53	282
1.55	50	264
1.60	47	248
1.65	44	233
1.70	42	220
1.75	39	207
1.80	37	198
1.85	35	185
1.90	33	178
1.95	32	167
2.00	30	159
2.50	19	102
3.00	13	71
3.50	10	52
4.00	8	40
4.50	6	31
5.00	5	25
5.50	4	21
6.00	3	18
7.00	2	13

10. CONSIDERAZIONI FINALI

Le modalità valutative considerate nel presente documento e nelle norme tecniche e legislative in esso richiamate, fanno preciso riferimento a condizioni espositive tipiche di attività professionali, ed escludono quindi ogni considerazione sugli aspetti eventualmente applicabili al pubblico trasportato.

Sono altresì escluse modalità espositive correlabili ad eventi singolari, quali urti o sollecitazioni vibrazionali anomale indotte da guasti meccanici, che in quest'ambito applicativo non rivestono interesse in considerazione della bassa incidenza in termini sia temporali che probabilistici.

Infine non sono qui considerati fenomeni di sensibilità soggettiva, noti come chinetosi o più comunemente come "mal di moto" o "mal d'auto".


10.1 CORPO INTERO

CAUSA	RISCHI
<i>L'esposizione a tali vibrazioni è generalmente causata dal contatto della schiena e dei glutei del soggetto esposto con un sedile, o dallo stare in piedi su un mezzo di trasporto od in vicinanza di macchine vibranti</i>	<i>Tale esposizione può comportare disturbi e lesioni a carico del rachide lombare, del distretto cervico-brachiale, dell'apparato gastroenterico, del sistema venoso periferico, dell'apparato riproduttivo femminile, del sistema cocleo-vestibolare, etc...</i>
VALORI LIMITE	MISURAZIONI
<i>Il valore limite di esposizione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a 1,15 m/s², mentre il valore d'azione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a 0,5 m/s²</i>	<i>Le misurazioni devono essere eseguite sui percorsi individuati come rappresentativi</i>

L'analisi dei risultati emersi dalle campagne di misure condotte dalle Aziende suddette consente di trarre le seguenti considerazioni, riassunte nella tabella allegata.

Per quanto attiene al **Ferro** non ci sono assolutamente problemi di trasmissione di vibrazioni agli addetti ed anche agli utenti/clienti. I valori riscontrati sono, infatti, mediamente molto lontani dal valore di riferimento (livello di azione). Lo stato e l'assetto dei binari, nonché la presenza di scambi può, comunque, determinare valori di vibrazione più alti. È opportuno, quindi, che gli Enti proprietari delle ferrovie diano particolare importanza alla manutenzione dei binari

Per la **Gomma** è opportuno rilevare che la tipologia e lo stato della pavimentazione (laddove sconnessa) determina l'innalzamento dei valori di vibrazione. Sarebbe perciò auspicabile che gli Enti proprietari delle strade siano sensibili a tali problematiche in modo da mantenere i percorsi con un buon livello manutentivo. Da parte loro le Aziende di trasporto che abbiano prodotto dati in merito alle suddette campagne, si rendono disponibili a trasferire dette informazioni agli Enti proprietari delle strade.

	COMMISSIONE TECNICA "VIBRAZIONI" LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO VIBRAZIONI NEL TRASPORTO PUBBLICO COLLETTIVO	Ediz: febbraio 2006 Rev. 6 Pagina 18/26
---	---	---

Si segnala, altresì, che lo stato manutentivo dei veicoli può influenzare i livelli di vibrazione, quindi si raccomanda di tenere in debita considerazione anche questo aspetto.

10.2 MANO – BRACCIO

CAUSA	RISCHI
<i>L'esposizione a tali vibrazioni è generalmente causata dal contatto delle mani con l'impugnatura di utensili manuali o di macchinari condotti a mano</i>	<i>Tale esposizione può aumentare il rischio di insorgenza di lesioni vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche a carico del sistema mano-braccio</i>
VALORI LIMITE	MISURAZIONI
<i>Il valore limite di esposizione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a 5,0 m/s², mentre il valore d'azione giornaliero, normalizzato a un periodo di riferimento di 8 ore, è fissato a 2,5 m/s²</i>	<i>Le misurazioni devono essere condotte per un periodo di tempo significativo. In caso di attività di breve durata, sarà necessario eseguire un numero di rilievi sufficiente</i>

L'analisi dei risultati emersi dalle campagne di misure condotte dalle Aziende suddette consente di trarre le seguenti considerazioni, riassunte nella tabella allegate.

Sono state considerate le attrezzature tipiche delle attività manutentive, tenendo conto che le mansioni considerate sono quelle di officina (relativamente ai rotabili ferrotranviari e su gomma) e di infrastruttura (ferrotranviaria).

Le campagne di misura hanno evidenziato che, generalmente, i valori di esposizione risentono dei tempi di utilizzo delle singole attrezzature utilizzate nell'arco lavorativo giornaliero.

Pertanto sarà cura delle Aziende di Trasporto organizzare l'attività del singolo agente che utilizza una o più apparecchiature che possono generare vibrazioni, per tempi di esposizione tali da non superare i limiti consentiti dalla norma.

CORPO INTERO
(Sintesi risultati emersi dalle campagne di misure)

	FIGURA PROFESSIONALE	AZIENDA	PREMESSA	OSSERVAZIONI
CORPO INTERO	Macchinisti Rotabili	Circumvesuviana (NA)	E' stato scelto il turno macchina più gravoso, per km percorsi e per tempi di percorrenza	Non sono stati rilevati problemi [A(8)max=0,366 m/s ²]
		FNMT (MI)	Si è scelto il materiale rotabile <u>più utilizzato</u> e le linee con <u>condotta più gravosa</u>	I valori registrati sono sempre ampiamente al di sotto del livello d'azione, <u>indipendentemente</u> dai tempi di esposizione
		GTT (TO)	Le misurazioni sono state condotte <u>durante l'orario</u> di esercizio, su <u>tutte le tratte</u> valutando anche i turni <u>più gravosi</u>	I risultati evidenziano come in <u>nessun caso</u> ci si avvicini al limite d'azione
		Metro (Roma)	Le misurazioni sono avvenute <u>durante l'orario</u> di esercizio, su <u>percorsi</u> rappresentativi del fenomeno e con un <u>macchinista</u> rappresentativo della media della popolazione	L'esposizione è inferiore al livello d'azione
		SepSA (NA)	Sono stati considerati tutti i tipi di <u>rotabili</u> , tutte le <u>macrotratte</u> ed entrambi i <u>sensi di marcia</u> , i valori <u>peggiori</u> e i turni con <u>tempi di guida più lunghi</u>	I valori di vibrazione indotta sono molto inferiori al valore d'azione (l'autista dovrebbe guidare per 45 ore al giorno!)
		Trambus (Roma)	La manutenzione del mezzo e del sedile di guida avviene non appena l'autista riscontra malfunzionamenti o comportamenti anomali del mezzo	L'esposizione più alta (tram) è inferiore al livello d'azione (0,27m/s ²)
	Autisti su Gomma	ATCM (MO)	Sono stati determinati gli <u>autobus</u> , i <u>percorsi</u> e i <u>tempi significativi</u> per l'esposizione a vibrazioni	A volte i sedili amplificano le vibrazioni; i valori sono sempre inferiori a 0,5 m/s ²
		Cotral (Roma)	Sono state prese in considerazione varie tipologie di <u>percorso</u> e di <u>vetture</u> , nonché lo stato di <u>manutenzione</u> delle vetture	Non sussistono situazioni critiche in materia di esposizione professionale [A(8)max sempre <0,5 m/s ²]
		CTP (NA)	Sono stati presi in considerazione gli autobus <u>maggiormente in uso</u> e i percorsi sia in ambiente <u>urbano</u> che <u>extraurbano</u>	In tutte le verifiche strumentali effettuate non è mai stato superato il valore efficace di 0,5 ms ²
		GTT (TO)	Sono stati indagati gli <u>autobus</u> , i <u>tracciati</u> ed i <u>tempi</u> maggiormente significativi per l'esposizione a vibrazioni.	L'esame dei risultati evidenzia come in nessun caso vengano raggiunte le soglie di accelerazione equivalente ponderata riferita ad 8 ore.
Trambus (Roma)		La manutenzione del mezzo e del sedile di guida avviene non appena l'autista riscontra malfunzionamenti o comportamenti anomali del mezzo.	L'esposizione più alta (autobus) è inferiore al livello d'azione (0,28m/s ²)	



MANO-BRACCIO
(Sintesi risultati emersi dalle campagne di misure)

MANO BRACCIO	Personale Manutenzione in Officina	Nucleo Gomme Reparto Carrozzeria	Trambus (Roma)	I valori registrati sono inferiori al valore d'azione
		Mansioni diverse (carrozzeri, verniciatori,...)	ATCM (MO)	Occorre sostituire alcune attrezzature con altre meno vibranti, ridurre i tempi di esposizione ed adottare guanti antivibranti
		Impiantisti, carrellisti, magazzinieri	FNMT (MI)	Il livello d'azione viene superato solo se le attrezzature vengono usate per lunghi periodi di tempo
		Addetti sostituzione pneumatici e Carrozzeri	GTT (TO)	Alcune misurazioni hanno evidenziato valori superiori ai limiti, pertanto occorre definire nel dettaglio i tempi di esposizione
	Personale Manutenzione Linee	Servizio Giardini (decespugliatore, motosega, potatore, rasaerba, tosasiepi)	Metro (Roma)	Occorre prestare particolare attenzione ai tempi di esposizione: per 120' $A(8)=3,46 \text{ m/s}^2$
		Armamento ferroviario	FNME (MI)	Alcune misurazioni hanno fornito valori superiori al limite d'azione ma sempre inferiori al limite di esposizione
		Armamento tranviario	Trambus (Roma)	Per qualche attrezzatura l'accelerazione misurata è tendenzialmente alta; tuttavia l'uso è limitato a pochi minuti.

10.3 *INDIRIZZI FUTURI*

Il lavoro della Commissione e le campagne di misure condotte hanno consentito di raggiungere gli obiettivi stabiliti, in particolare:

- Ottemperare agli obblighi normativi per la tutela dei lavoratori;
- Normalizzare le metodiche di misura e di valutazione predisponendo delle "Linee Guida per la valutazione del rischio vibrazioni nel Trasporto Pubblico Collettivo";
- Creare una banca dati omogenea e confrontabile fra realtà lavorative relative al settore del trasporto collettivo;
- Consentire alle Aziende, attrici delle campagne di misura, e per estensione, alle Aziende tutelate da ASSTRA, di individuare eventuali interventi preventivi, correttivi o migliorativi;
- Acquisire conoscenza per indirizzare comportamenti futuri.

Il lavoro svolto consente, inoltre di proporre alcuni INDIRIZZI PER LE SCELTE FUTURE.

a) FORMARE E INFORMARE i lavoratori potenzialmente esposti al rischio vibrazioni:

- ✓ sui rischi derivanti dalle attività che espongono a vibrazioni;
- ✓ su come adottare le idonee misure di tutela (postura corretta, idonea regolazione del sedile,...)
- ✓ per evitare i rischi legati ad alte velocità (l'aumento della velocità comporta un aumento delle vibrazioni)
- ✓ per evitare, ove possibile, strade accidentate.

È importante dare rilievo alle attività di informazione e formazione anche quando l'esposizione continua e prolungata alle vibrazioni rispetta i valori prescritti dalla normativa


- b)** PIANIFICARE turni di lavoro più "equilibrati" (ad esempio tra operatori e conducenti), con conseguente minor tempo d'esposizione a vibrazioni per lo stesso lavoratore;
- c)** ADOTTARE metodi di lavoro consoni al "rischio vibrazioni" valutato, rispondenti a CRITERI GENERALI DI ERGONOMIA del posto di guida (ad esempio con sedili che attenuano efficacemente le vibrazioni trasmesse al corpo intero);
- d)** SOTTOPORRE i lavoratori ad un'idonea SORVEGLIANZA SANITARIA, con esami di routine;
- e)** DOTARSI di adeguati Dispositivi di Protezione Individuale (guanti antivibranti,...);
- f)** ESEGUIRE una valutazione dei rischi sul posto, tenendo conto sia delle condizioni durante l'uso delle macchine/attrezzature, che durante gli spostamenti;
- g)** PRIVILEGIARE l'acquisto di macchinari che espongano ad un livello di vibrazioni inferiori rispetto a quelli attuali, mediante ricerche su mercati nazionali ed esteri;
- h)** ACQUISTARE attrezzature concepite nel rispetto di principi ergonomici.

Infine, si potranno adottare i **PROVVEDIMENTI MIGLIORATIVI** necessari su macchine ed attrezzature esistenti,

- a)** PIANIFICARE LA MANUTENZIONE DEI MACCHINARI, con particolare riguardo a sospensioni, sedili e posti di guida degli automezzi. Generalmente il sedile presenta maggiori oscillazioni (delta minimo-massimo) delle accelerazioni rispetto al pavimento.

Occorre però segnalare che alcune volte dopo subito dopo la manutenzione (con revisione delle sospensioni) sono stati rilevati livelli di vibrazioni trasmesse anche superiori rispetto a prima della manutenzione stessa: ciò si ritiene imputabile al fatto che la manutenzione è finalizzata a garantire maggiore stabilità e tenuta di strada alla vettura (irrigidimento delle sospensioni). [fonte Cotral S.p.A. Roma]

- b)** PIANIFICARE UNA POLITICA AZIENDALE DI AGGIORNAMENTO del parco macchine per sostituire le apparecchiature obsolete (soprattutto se di utilizzo comune). Infatti I livelli di vibrazioni misurati sui mezzi più recenti sono infatti più basse rispetto alle vetture più "vecchie": ciò può essere dovuto anche alle differenti tipologie di sedile (con meccanismo di ammortizzazione di tipo pneumatico per le vetture più recenti, di tipo meccanico per le più datate).
- c)** RIPETERE LE CAMPAGNE DI MISURE PERIODICAMENTE (con intervalli pluriennali), ogniqualvolta vengano utilizzate nuove attrezzature; qualora vengano definite modalità operative diverse.

	COMMISSIONE TECNICA "VIBRAZIONI" LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO VIBRAZIONI NEL TRASPORTO PUBBLICO COLLETTIVO	Ediz: febbraio 2006 Rev. 6 Pagina 23/26
---	---	---

11. BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI NORMATIVI

11.1 PUBBLICAZIONI

INAIL – Direzione Regionale per la Toscana – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Protezione: 100 misure di Vibrazioni in Ambiente lavorativo
www.inail.it/toscana/100misure.pdf

ISPESL (Istituto Superiore per la Prevenzione E la Sicurezza del Lavoro): La colonna vertebrale in pericolo – Vibrazioni meccaniche nei luoghi di lavoro: stato della normativa
http://www.ispesl.it/linee_guida/fattore_di_rischio/Colonna.pdf

ISPESL: Linee guida per la valutazione del rischio da vibrazioni negli ambienti di lavoro.
http://www.ispesl.it/linee_guida/fattore_di_rischio/vibrazioni.htm

ISPESL: Banca Dati Vibrazioni (valida ai sensi del D.Lgs. 19 agosto 2005 n. 187, art. 4, comma 1; Allegato I).
<http://www.ispesl.it/test/lineeguida.htm>; <http://www.ispesl.it/test/index.asp>

11.2 NORMATIVA EUROPEA

Direttiva 89/391/CEE del Consiglio, del 12 giugno 1989, "concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro"

Direttiva 2002/44/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 giugno 2002, sulle "prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (vibrazioni) (sedicesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) – Dichiarazione congiunta del Parlamento europeo e del Consiglio"

11.3 NORMATIVA ITALIANA

D.Lgs. 19/08/2005, 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".

D.P.R. 24-07-1996, n. 459 – "Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine"

D.Lgs. 19-09-1994, n. 626 – "Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE e 99/92/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro" e s.m.i.

D.Lgs. 04-12-1992, n. 475 – "Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale"

D.P.R. 19-03-1956, n. 303 – “Norme generali per l'igiene del lavoro (articolo 24 – Rumori e scuotimenti; articolo 33 – Visite mediche)”

11.4 NORME DI BUONA TECNICA INTERNAZIONALI E NAZIONALI

ISO 2631-1 (1997): “Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements

ISO 2631-2 (2003): “Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 2: Vibration in buildings”

ISO 5008 (2002): “Agricultural wheeled tractors and field machinery -- Measurement of whole-body vibration of the operator”

ISO 5348 (1998): “Mechanical vibration and shock – Mechanical mounting of accelerometers”

ISO 5349 Part. 1, 2 (2001): “Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration”

ISO 8041 (1990): “Human response to vibration – Measuring instrumentation” (norma equivalente in Italia: **UNI EN ISO 8041 (2005)** “Risposta degli individui alle vibrazioni - Strumenti di misurazione”

ISO 10326-1 (1992): “Mechanical vibration – Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration - Part 1: Basic requirements”

ISO 10819 (1996): “Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand”.

UNI EN 1032 (2004): “Vibrazioni meccaniche – Esame di macchine mobili allo scopo di determinare i valori di emissione vibratoria (Versione Italiana della norma europea EN 1032:2003 – Mechanical vibration - Testing of mobile machinery in order to determine the vibration emission value)”

UNI ISO 5348 (1992): “Vibrazioni meccaniche ed urti. Montaggio meccanico degli accelerometri.”

UNI EN ISO 5349-1 (2004): “Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano – Parte 1: Requisiti generali”

UNI EN ISO 5349-2 (2004): “Vibrazioni meccaniche - Misurazione e valutazione dell'esposizione dell'uomo alle vibrazioni trasmesse alla mano - Parte 2: Guida pratica per la misurazione al posto di lavoro”

UNI ISO 5805 (2004): “Vibrazioni meccaniche ed urti - Esposizione dell'individuo – Vocabolario”

UNI ISO 7919-1 (2005): “Vibrazioni meccaniche di macchine non alternative - Misurazioni su alberi rotanti e criteri di valutazione - Parte 1: Linee guida generali”

UNI ISO 8002 (1992): “Vibrazioni meccaniche. Veicoli terrestri. Criteri di presentazione dei dati misurati”

UNI EN ISO 8662-4 (1997): "Macchine utensili portatili. Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura. Smerigliatrici."

UNI EN ISO 8662-6 (1997): "Macchine utensili portatili. Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura. Trapani a percussione."

UNI EN ISO 8662-7 (1999): "Macchine utensili portatili – Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura – Chiavi, cacciaviti ed avvitatori a percussione, ad impulso o a cricchetto"

UNI EN ISO 8662-8 (1999): "Macchine utensili portatili – Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura – Lucidatrici e levigatrici rotanti, orbitali e rotorbitali"

UNI EN ISO 8662-9 (1998): "Macchine utensili portatili – Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura – Pestelli."

UNI EN ISO 8662-10 (2000): "Macchine utensili portatili – Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura – Roditrici e cesoie"

UNI EN ISO 8662-12 (1999): "Macchine utensili portatili – Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura – Seghetti e limatrici alternativi e seghetti rotativi od oscillanti"

UNI EN ISO 8662-13 (1999): "Macchine utensili portatili – Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura – Fresatrici per stampi"

UNI EN ISO 8662-14 (1998): "Macchine utensili portatili – Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura – Macchine portatili per la lavorazione delle pietre e scroscatori ad aghi"

UNI ISO 8727 (1999): "Vibrazioni meccaniche ed urti - Esposizione dell'uomo - Sistemi di coordinate biodinamiche."

UNI 9513 (1989): "Vibrazioni e urti. Vocabolario."

UNI EN ISO 10819 (1998): "Vibrazioni e urti meccanici – Vibrazioni al sistema mano-braccio – Metodo per la misurazione e la valutazione della trasmissibilità delle vibrazioni dai guanti al palmo della mano."

UNI TR 11159 (2005): "Vibrazioni meccaniche - Guida agli effetti nocivi delle vibrazioni sul corpo umano"

UNI EN 12096 (1999): "Vibrazioni meccaniche – Dichiarazione e verifica dei valori di emissione vibratoria"

UNI EN ISO 13090-1 (2000): "Vibrazioni meccaniche ed urti – Guida sugli aspetti di sicurezza delle prove ed esperimenti con le persone – Esposizione del corpo intero alle vibrazioni meccaniche ed agli urti ripetuti"

UNI CEN ISO/TS 15694 (2004): "Vibrazioni meccaniche e shocks - Misura e valutazione di shocks singoli trasmessi da macchine portatili o condotte a mano al sistema mano braccio"

UNI EN ISO 20643 (2005): "Vibrazioni meccaniche - Macchine portatili e condotte a mano - Principi per la valutazione della emissione di vibrazioni"

UNI EN 28662-1 (1993) "Macchine utensili portatili – Misura delle vibrazioni sull'impugnatura. Generalità"

UNI EN 28662-2 (2003) "Macchine utensili portatili – Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura – Martelli sbavatori e rivettatori"

UNI EN 28662-3 (2003): "Macchine utensili portatili – Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura – Martelli perforatori e rotativi"

UNI EN 28662-5 (2003): "Macchine utensili portatili – Misurazione delle vibrazioni sull'impugnatura - Martelli demolitori e picconatori"

UNI EN 30326-1 (1997): "Vibrazioni meccaniche. Metodo di laboratorio per la valutazione delle vibrazioni sui sedili dei veicoli. Requisiti di base"