

100 MISURE

DI VIBRAZIONI IN AMBIENTE LAVORATIVO

A cura di:

Ing. Dario Marzano,
Ing. Elio Buono,
Ing. Domenico Gilioni.

Appendici

Ing. Eleonora Mastrominico,
Dott. Alessandra Ulissi

INAIL

Direzione Regionale per la Toscana
Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

Questa pubblicazione è stata realizzata dalla
Direzione Regionale Toscana
Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

Autori:

Ing. Dario Marzano(*)

Ing. Elio Buono (*)

Ing. Domenico Gillioni (*)

Ing. Eleonora Mastrominico(*)

Dott. Alessandra Ulissi(**)

(*) INAIL, Direzione Regionale Toscana,
Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

(**) DEA, Azienda Ospedaliera San Giovanni - Addolorata, Roma

PER INFORMAZIONI

INAIL- Direzione Regionale Toscana
50122 Firenze, via Bufalini, 7
fax: 0553205392
e-mail: toscana-contarp@inail.it

INAIL – Direzione Centrale Comunicazione
00144 Roma – Piazzale Giulio Pastore, 6
fax: 0654872363
e-mail: dccomunicazione@inail.it

ISBN 88-7484-054-3

Questa pubblicazione è diffusa gratuitamente dall'INAIL. Ne è vietata la vendita.
Tutti i diritti riservati

Stampato dalla Tipolitografia INAIL - Milano

INDICE

<u>1. Introduzione</u>	5
<u>1.a Generalità sulle vibrazioni</u>	6
<u>1.b Gli effetti delle vibrazioni considerati</u>	7
<u>1.c Strumentazione impiegata ed esecuzione delle misure</u>	8
<u>1.d Interpretazione pratica dei dati misurati</u>	9
<u>2. Vibrazioni mano braccio</u>	10
<u>2.a Generalità</u>	10
<u>2.b Martelli pneumatici</u>	11
<u>2.c Motoseghe</u>	12
<u>2.d Decespugliatori</u>	14
<u>2.e Attrezzature da giardinaggio</u>	16
<u>2.f Smerigliatrici, lucidatrici, levigatrici e trapani elettrici</u>	17
<u>2.g Volante autoveicoli</u>	18
<u>2.h Attrezzi pneumatici</u>	19
<u>2.i Esempio ed algoritmi di calcolo</u>	20
<u>3 Vibrazioni al corpo intero</u>	22
<u>3.a Generalità</u>	22
<u>3.b Carrelli elevatori</u>	23
<u>3.c Macchine movimento terra</u>	25
<u>3.d Trattori e mezzi agricoli</u>	26
<u>3.e Autocarri</u>	28
<u>3.f Locomotori e carrozze ferroviarie</u>	29
<u>3.g Autovetture</u>	31
<u>3.h Varie e misure particolari</u>	35
<u>3.i Esempio ed algoritmi di calcolo</u>	36
<u>4. Normativa</u>	38
<u>Appendice1: Indice di sollevamento (NIOSH, 1993). (E. Mastrominico)</u>	39
<u>Appendice2: Job strain index (Moore e Garg, 1995). (E. Mastrominico)</u>	41
<u>Appendice 3: Malattie professionali indotte dalle vibrazioni. (A. Ulissi)</u>	43
<u>A3.a Fenomeno e malattia di Raynaud</u>	43
<u>A3.b Sindrome del tunnel carpale</u>	43
<u>A3.c Ernie discali</u>	43
<u>A3.d Spondilodiscoartrosi</u>	44

1. Introduzione

L'ambiente di lavoro contiene molte minacce alla salute dell'uomo che vi opera. La moderna legislazione obbliga a valutare ogni forma di rischio presente così da ridurre il più possibile i potenziali effetti nocivi.

Alcuni di questi rischi, quali le vibrazioni, tendono ad essere sottovalutati dagli stessi operatori perché non producono una menomazione immediata come nel caso dei tagli, schiacciamenti, cadute dall'alto, ecc. ma manifestano i loro effetti sulla salute solo dopo diversi anni e con differente intensità da soggetto a soggetto.

Oggi non sono ancora chiare tutte le possibili implicazioni dell'esposizione del corpo umano a vibrazioni: infatti si è notato che intensità e durata dell'esposizione non sono i soli parametri che influenzano il fenomeno; è necessario comprendere l'influenza e la reciproca interazione di parametri fisici dell'oscillazione e fisiologici dell'organismo esposto, prima di arrivare alla formulazione di modelli biomeccanici efficaci alla definizione d'appropriati criteri di valutazione dei rischi.

Oggi la raccolta delle informazioni in apposite banche dati costituisce un valido aiuto per uno studio più sistematico del problema e fornisce una maggiore comprensione di quali siano le possibili attività di rischio per la salute dell'uomo.

Il presente lavoro è una raccolta ordinata di circa tre anni di misure di vibrazioni eseguite dalla Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione dell'INAIL Toscana, principalmente per la definizione di casi di malattie professionali, realizzata per condividere i dati con operatori del settore.

Non ha finalità didattiche e non vuol costituire un riferimento per il settore, linee guida ed altre banche dati ben più ampie sono disponibili on line al pubblico o lo saranno a breve (ad es. www.ispesl.it in Italia ed <http://umetech.niwl.se/> in Svezia).

I valori indicati in questo fascicolo non possono essere considerati universalmente validi, poiché ricavati da singole misure rilevate in specifiche condizioni operative, infatti i rilievi relativi ad un macchinario hanno una fortissima varianza legata essenzialmente al tipo di lavorazione, all'operatore che la conduce, allo stato di manutenzione ed usura ed a numerosissime altre variabili che impongono di considerare normale uno scarto fino al 20% nella ripetizione di una misura in momenti o luoghi differenti.

Tuttavia, in virtù dell'ampia varietà di casi riportati, gli autori si augurano che la semplicità del presente fascicolo possa costituire un primo rapido aiuto per la definizione preliminare di casi d'esposizione a vibrazioni professionali.

Per ridurre i possibili errori legati alla discrezionalità della misura, gli strumenti e le metodologie di rilievo sono stati verificati e confrontati con altre strutture impegnate nella medesima ricerca in Italia, congiuntamente alle quali sono state effettuate alcune misurazioni, riportate nel seguito, ed è stata uniformata la metodologia di rilievo ed esposizione.

1.a Generalità sulle vibrazioni

La vibrazione è il piccolo spostamento periodico di un elemento intorno ad proprio punto di riferimento, essa è armonica se costituita da una funzione sinusoidale del tempo.

Matematicamente è possibile approssimare qualsiasi moto periodico in somma di moti armonici (serie di Fourier), in acustica si scompone secondo frequenze note fissate da norme ISO (bande di "ottava" o "di terzi di ottava").

Il metodo indicato cade in difetto in presenza di eventi impulsivi o comunque non periodici, la valutazione di tali situazioni è pertanto generalmente separata dalla valutazione di valori più uniformi nel tempo e necessariamente più approssimata.

Le vibrazioni elastiche che interessano il presente lavoro sono le perturbazioni armoniche con frequenza $1 \div 80$ Hz (ISO 2631-1) per quanto riguarda il corpo intero, $8 \div 1000$ Hz (ISO 5139-1) per il sistema mano-braccio e $20 \div 20000$ Hz (ISO 1999) per l'esposizione dell'udito.

E' stato verificato epidemiologicamente come tali vibrazioni siano le più rilevanti per l'uomo, le loro frequenze sono funzione della massa ed elasticità dell'organo recettore.

Le vibrazioni vengono rilevate sull'elemento vibrante da sensori collegati ad un apparecchiatura digitale che le traduce in valori numerici, sistemi di rilevazione legati direttamente agli organi umani esposti sono in fase sperimentale e pertanto esulano dal presente lavoro.

Il valore rilevato strumentalmente viene poi ponderato in base a filtri che esaltano le frequenze verso le quali la sensibilità umana è maggiore (rispettivamente sono stati usati per il sistema mano-braccio il filtro wh, per il corpo intero wd e wk, per l'udito A), questi dati, omogenei con quelli riportati in letteratura, possono essere inseriti in fogli di calcolo (del tipo di quelli inclusi nel presente fascicolo come esempi) per ricavare le dosi assorbite e con queste ultime valutare l'esposizione dei lavoratori.

1.b Gli effetti delle vibrazioni considerati

Il presente lavoro non è un trattato medico, né ha pretese di generalità, si rimanda pertanto per una trattazione più completa alla letteratura specializzata.

Le uniche vibrazioni considerate nel presente lavoro sono quelle che possono essere correlate alle patologie professionali di rilevante interesse assicurativo.

La sindrome di Raynaud (sindrome del dito bianco) e quella del tunnel carpale sono indotte dagli sforzi correlati al sistema mano-braccio mentre le patologie del rachide sono le sole correlabili alle sollecitazioni trasmesse al corpo intero.

Dette patologie, brevemente descritte nell'appendice dedicata alle definizioni mediche, dipendono sia dagli strumenti vibranti che da tutte le altre forti accelerazioni cui è sottoposto il fisico, quali l'impiego d'attrezzature manuali o la movimentazione di carichi notevoli.

La combinazione delle vibrazioni con altri fattori non è generalmente quantificata nella letteratura.

Non verranno fornite indicazioni relative ad alcun altro disturbo muscolo - scheletrico o psichico e comunque le indicazioni relative alle malattie indicate saranno ridotte alla sola applicazione di tabelle ed equazioni desumibili dalla normativa.

1.c Strumentazione impiegata ed esecuzione delle misure

La strumentazione utilizzata per l'esecuzione della maggior parte delle misure riportate nel seguito, è costituita da un analizzatore di spettro quadricanale, su cui normalmente è stato montato un trasduttore accelerometrico triassiale miniaturizzato (ICP) ed un microfono.

Detta apparecchiatura, con l'ausilio di adattatori per sedile o per il fissaggio sull'impugnatura manuale delle attrezzature, è stata prescelta per la sua versatilità ed affidabilità nella qualità delle misure; infatti, eseguendo una registrazione digitale dei dati alla velocità di campionamento, consente analisi in post elaborazione, inoltre durante la misura visualizza l'andamento in bande di terzi di ottava dei valori rilevati rendendo possibile l'immediata individuazione di eventuali problemi.

Il principale difetto di tale analizzatore di spettro è la complicazione di impiego legata alla necessità di operare con un comune notebook ed altre delicate componenti elettroniche in posizioni generalmente scomode o pericolose.

La maggior parte dei problemi incontrati durante le misure è dovuta alla rottura accidentale dei costosissimi cavi di collegamento od ai falsi contatti che comportano un tipico andamento lineare od a dente di sega nella storia temporale spettrale ed impongono lo scarto della misura.

Un altro problema che ha invalidato alcune prove è costituito dalla presenza di picchi (overload) ignorati durante l'esecuzione delle prove e riscontrati solo in fase di post elaborazione.

Le prime misure relative al sistema mano-braccio sono state eseguite con un fonometro particolare, che permette la sostituzione della capsula microfonica con un condizionatore di segnale, cui è collegato un accelerometro ICP monoassiale.

Tale configurazione impone l'esecuzione di tre rilievi consecutivi per ogni misura allungando i tempi e complicando i rilievi, inoltre lo strumento è dotato del solo filtro wh per l'esecuzione delle misure manobraccio, rendendolo inadatto ad ogni altro scopo.

La mancata registrazione della storia temporale spettrale non consente la post elaborazione dei dati o la verifica puntuale di eventuali difetti, lasciando un maggiore margine di incertezza riguardo la qualità dei valori ottenuti.

Le prove sono state effettuate quasi sempre da due consulenti per ridurre il tempo di preparazione alle misure e quindi il disturbo arrecato all'operatore, che era nella maggioranza dei casi un assicurato INAIL, per il quale occorre valutare l'esposizione al rischio finalizzata al riconoscimento dell'eventuale malattia professionale.

Le misure eseguite per tali scopi spesso difettano in alcuni dati correlati relativi alle apparecchiature, ritenuti superflui in sede di rilievo in quanto erano univocamente determinati per la soluzione dei problemi contingenti. Alcuni dati sono stati pertanto aggiunti in tempi successivi con problemi riguardo le apparecchiature le cui targhe identificative sono soggette a logoramento (es. i martelli pneumatici).

La scelta di operare con gli accelerometri piezoelettrici con preamplificatore integrato (ICP) ha consentito di limitare di molto i problemi legati alle induttanze dei cavi, che condizionano le misure eseguite con accelerometri capacitivi.

1.d Interpretazione pratica dei dati misurati

I valori dell'accelerazione rilevati sono quelli nelle condizioni di prova, essi non possono essere considerati universalmente legati alla macchina ma sono funzione delle condizioni di impiego, dello stato di usura e di numerose variabili che possono modificarne sensibilmente l'intensità.

Gli indicatori utili nella valutazione delle patologie professionali sono legati alle dosi di vibrazioni subite dagli operatori, dosi che la normativa consente di legare all'energia assorbita.

Esistono anche altri sistemi di valutazione che non dipendono dalla seconda potenza dell'accelerazione ma della sua quarta potenza (ISO 2631-1) o dalla sesta potenza (ISO 2631-5 FDIS), essi ed altri sono stati ignorati nel presente lavoro, senza grave pregiudizio di generalità, in quanto meno diffusi nelle elaborazioni statistiche effettuate su larga scala.

La dose da valutare nell'interpretazione dei risultati è legata all'intensità dell'accelerazione ed alla durata dell'esposizione.

Tale valore si può ottenere applicando, ad esempio, i fogli di calcolo allegati al termine dei capitoli relativi ai rilievi.

Occorre quindi prestare molta attenzione ai reali periodi di impiego medio delle attrezzature, valori che gli scriventi talvolta ricavano dai dispositivi contaore installati sulle macchine operatrici (indispensabili per la manutenzione programmata) o dai consumi di carburante eventualmente registrati nei libretti UMA (a regime di massima coppia un grande motore Diesel consuma circa 0,2 l/(hp x h) mentre un piccolo motore due tempi consuma circa il doppio).

Il periodo di impiego accertato può poi essere ripartito uniformemente tra le giornate lavorative (ad esempio 220 giornate annue in industria secondo gli standard ISO) e quindi inserito nei fogli di calcolo senza prestare attenzione a come esso sia realmente distribuito, in quanto ciò risulta ininfluenza nel computo energetico complessivo.

2. Vibrazioni mano braccio

2.a Generalità

E' statisticamente dimostrato che i lavoratori dopo molti anni d'attività manuali soffrono di patologie degli arti superiori più di altre categorie di popolazione, le principali malattie correlate alle vibrazioni sono la sindrome del tunnel carpale e quella del dito bianco.

Entrambe le patologie sono quindi spesso considerate malattie professionali in base alla valutazione quantitativa dell'esposizione a fonti di rischio in ambito lavorativo.

Le normative ISO hanno stabilito una correlazione dose-effetto, nel caso di sindrome di Raynaud (cosiddetta patologia del dito bianco), che riduce il margine di discrezionalità della valutazione, anche se, ad esempio, la concausa costituita dalla bassa temperatura operativa è ignorata dalla normativa ed è talmente importante che la patologia citata è molto diffusa tra i boscaioli scandinavi mentre è praticamente assente tra gli omologhi lavoratori del sud est asiatico.

Un'altra concausa eziologia è costituita dall'impiego di attrezzature manuali che generano forti sollecitazioni impulsive (martelli, picconi, zappe, roncole ecc.) o dall'esercitare forti sforzi di ritenzione per lunghi periodi (es. trasporto di lastre pesanti).

La combinazione tra le concause non è sufficientemente nota da essere stata recepita dalla normativa attuale.

I rilievi seguenti sono stati eseguiti nel rispetto della norma ISO 5349-1 del 2001 dalla quale deriva la denominazione degli assi, ovvero:

asse x ortogonale al palmo della mano;



asse z parallelo alle ossa dell'avambraccio;

asse y parallelo al palmo della mano ed ortogonale l'asse z.




I versi lungo gli assi sono irrilevanti ai fini del rilievo.




2.b Martelli pneumatici




	Atlas vecchio tipo	Atlas vecchio tipo	Marca ignota
Martelli pneumatici			
massa Kg	10	30	15
impugnatura	destra	destra	destra
potenza KW			
età anni			
utensile	Fioretto (25mm rotante)	Scalpello da taglio 40 mm	Scalpello da taglio 35 mm
note			
materiale	calcestruzzo	calcestruzzo	roccia
misure	25/8/04 DG DM	25/8/04 DG DM	15/3/02 DG DM
x (wh) m/s ²	10,50	6,95	10,50
y (wh) m/s ²	9,09	4,98	5,95
z (wh) m/s ²	26,00	16,4	11,00
a _{hw} m/s ²	29,5	18,5	16,3
audio dB(A)	Misura non disponibile	Misura non disponibile	Misura non disponibile

	Atlas Copco TEX 11	Makita HM 1200 K
Martello pneumatico ed elettrodemolitore		
massa Kg	11.2	9.1
impugnatura	posteriore	Posteriore (destra)
potenza KW		0,94
età anni		
utensile	punta	punta
note		
materiale	calcestruzzo	Pietra dura
misure	06/5/2002 DG	16/07/2002 DG
x (wh) m/s ²	12,3	11,2
y (wh) m/s ²	5,88	8,91
z (wh) m/s ²	4,07	9,12
a _{hw} m/s ²	14,2	17.0
audio dB(A)	Non disponibile	Non disponibile

2.c Motoseghe




	Sthil 026	Sthil 026	Husqvarna 371XP
Motoseghe a catena			
massa Kg			
impugnatura	destra	sinistra	Destra
Cilindrata cc.	48.7	48.7	70.7
potenza KW	2.6	2.6	3.9
età anni			
utensile	Catena dentata	Catena dentata	Catena dentata
note	potatura	potatura	Taglio legna in pezzi
materiale	Cedro del libano	Cedro del libano	Quercia
misure	25/8/04 DG DM	25/8/04 DG DM	29/03/02 DG DM
x (wh) m/s ²	2,95	2,67	2,45
y (wh) m/s ²	3,15	2,11	8,81
z (wh) m/s ²	9,86	2,41	6,76
a _{hw} m/s ²	10,8	4,17	11,4
audio dB(A)	Misura non disponibile	Misura non disponibile	(103,0 Misura di terzi)




	Husqvarna 371XP	Husqvarna 254XP	Husqvarna 254XP
Motoseghe a catena			
massa Kg	6.1	6.5	6.5
impugnatura	sinistra	destra	sinistra
Cilindrata cc.	70.7	54	54
potenza KW	3.9	3.1	3.1
età anni			
utensile	Catena dentata	Catena dentata	Catena dentata
note	Taglio legna in pezzi		
materiale	Quercia	Tronchetto frassino	Tronchetto frassino
misure	29/03/02 DG DM	20/6/03 DG DM	20/6/03 DG DM
x (wh) m/s ²	3,09	7,24	2,63
y (wh) m/s ²	4,26	4,41	3,19
z (wh) m/s ²	2,54	5,24	3,19
a _{hw} m/s ²	5,84	10,00	5,20
audio dB(A)	(103,0 Misura di terzi)	99,0	99,0




	Husqvarna 51	Husqvarna 51	Husqvarna 371 XP
Motoseghe a catena			
massa Kg	5.2	5.2	6.1
impugnatura	destra	sinistra	destra
Cilindrata cc.	50.9	50.9	70.7
potenza KW	2.3	2.3	3.9
età anni			
utensile	Catena dentata	Catena dentata	Catena dentata
note			
materiale	Tronchetto frassino	Tronchetto frassino	Pali in castagno
misure	20/6/03 DG DM	20/6/03 DG DM	22/1/03 DG DM
x (wh) m/s ²	5,75	4,67	3,16
y (wh) m/s ²	4,26	3,23	
z (wh) m/s ²	5,95	3,19	
a _{hw} m/s ²	9,30	6,54	5,3 ⁽¹⁾
audio dB(A)	100,4	100,4	Misura non disponibile

⁽¹⁾valore ottenuto come 1,67 Wx in accordo alla norma ISO 5349/2001 paragrafo 4.5

2.d Decespugliatori

	Komatsu G5K	Komatsu G5K	Komatsu G5K
Decespugliatori a spalla			
massa Kg	11.4	11.4	11.4
impugnatura	destra	sinistra	destra
Cilindrata cc.	52.5	52.5	52.5
potenza KW	1.9	1.9	1.9
età anni			
utensile	Doppio filo in poliammide	Doppio filo in poliammide	doppio filo in poliammide
note	_gas	_gas	tutto gas
materiale	erba bassa semi secca	erba bassa semi secca	erba alta semi secca
misure	25/8/04 DG DM	25/8/04 DG DM	25/8/04 DG DM
x (wh) m/s ²	2,11	2,63	2,37
y (wh) m/s ²	1,62	4,51	3,38
z (wh) m/s ²	1,85	5,18	2,87
a _{hw} m/s ²	3,24	7,35	5,03
audio dB(A)	Misura non disponibile	Misura non disponibile	Misura non disponibile


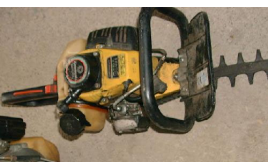
	Komatsu G5K	stihl	stihl
Decespugliatori a spalla			
massa Kg	11.4	10.9	10.9
impugnatura	sinistra	destra	sinistra
Cilindrata cc.	52.5	44.3	44.3
potenza KW	1.9	2.1	2.1
età anni			
utensile	doppio filo in poliammide	doppio filo in poliammide	doppio filo in poliammide
note	tutto gas	_gas	_gas
materiale	erba alta semi secca	erba bassa semi secca	erba bassa semi secca
misure	25/8/04 DG DM	25/8/04 DG DM	25/8/04 DG DM
x (wh) m/s ²	2,63	1,13	2,11
y (wh) m/s ²	4,85	2,34	3,29
z (wh) m/s ²	5,37	1,69	3,29
a _{hw} m/s ²	7,70	3,10	5,11
audio dB(A)	Misura non disponibile	Misura non disponibile	Misura non disponibile

	Husqvarna 240 RBD	Husqvarna 240 RBD	Kawasaki TD 40
Decespugliatori a spalla ed a mano			
massa Kg	9	9	~7.5
impugnatura	destra	sinistra	Destra (posteriore)
Cilindrata cc.	36.3	36.3	40.2
potenza KW	1.3	1.3	1.21
età anni			
utensile	doppio filo in poliammide	doppio filo in poliammide	doppio filo in poliammide
note	tutto gas	tutto gas	
materiale	erba bassa verde	erba bassa verde	Erba verde
misure	29/03/02 DG DM	29/03/02 DG DM	15/04/2002 DG DM
x (wh) m/s ²	0,99	1,04	3,27
y (wh) m/s ²	1,34	0,74	4,12
z (wh) m/s ²	1,07	1,04	1,86
a _{hw} m/s ²	1,98	1,65	5,58
audio dB(A)	Misura non disponibile	Misura non disponibile	Non disponibile




	Kawasaki TD 40
Decespugliatore a mano	
massa Kg	~7.5
impugnatura	Sinistra (anteriore)
Cilindrata cc.	40.2
potenza K	1.21
età anni	
utensile	doppio filo in poliammide
note	
materiale	Erba verde
misure	15/04/2002 DG DM
x (wh) m/s ²	8,91
y (wh) m/s ²	6,68
z (wh) m/s ²	6,69
a _{hw} m/s ²	13,0
audio dB(A)	Non disponibile




2.e Attrezzature da giardinaggio

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



	Kawasaki TG 18 a scoppio	Kawasaki TG 18 a scoppio	Soffiatore Shindaiwa
Tagliasiepe e soffiatore			
massa Kg	5.2	5.2	9
impugnatura	Destra (posteriore)	Sinistra (anteriore)	Destra
Cilindrata cc.	18.4	18.4	62
potenza KW	0.6	0.6	2.9
età anni	~ 10	~ 10	
utensile	Lama a pettine	Lama a pettine	
note	Assenza di antivibranti	Assenza di antivibranti	A regime
materiale	Erba verde	Erba verde	
misure	15/04/2002 DG DM	15/04/2002 DG DM	25/8/04 DG DM
x (wh) m/s ²	12,8	6,16	0,32
y (wh) m/s ²	7,07	19,9	1,15
z (wh) m/s ²	5,95	6,68	0,716
a _{hw} m/s ²	15,8	21,9	1,39
audio dB(A)	Non disponibile	Non disponibile	Misura non disponibile

2.f Smerigliatrici, lucidatrici, levigatrici e trapani elettrici

	Stayer Sa 10A	Stayer Sa 10A	Lucidatrice Bosch GPO 12E
Smerigliatrici angolare			
massa Kg			3,5
impugnatura	destra	sinistra	Posteriore (destra)
potenza KW	2	2	1,2
età anni			
utensile	Disco abrasivo per pietra	Disco abrasivo per pietra	Piattoello in spugna
note	Disco abrasivo inadatto	Disco abrasivo inadatto	Smerigliatrice angolare
materiale	Taglio tubo gas 2" in ferro	Taglio tubo gas 2" in ferro	Sportello d'auto verniciato
misure	28/8/03 DM	28/8/03 DM	16/09/2003 DG DM
x (wh) m/s ²	7,67	5,88	2,66
y (wh) m/s ²	7,76	6,53	2,24
z (wh) m/s ²	17,50	7,68	2,51
a _{hw} m/s ²	20,6	11,7	4,29
audio dB(A)	Misura non disponibile	Misura non disponibile	Non disponibile

	Lucidatrice Bosch GPO 12E	Lucidatrice Hdi M 3015	levigatrice Metabo SRE357
Smerigliatrici angolare, lucidatrice, levigatrice orbitale			
massa Kg	3,5		
impugnatura	Laterale (sinistra)	circonferenziale	Laterale (dx)
potenza KW	1,2	0,12	0,35
età anni			nuova
utensile	Piattoello in spugna	Piattoello in panno	Carta fina
note	angolare	orbitale	Su piano di riscontro
materiale	Sportello d'auto verniciato	Sportello d'auto verniciato	acciaio
misure	16/09/2003 DG DM	16/09/2003 DG DM	24/02/2004 EB DM
x (wh) m/s ²	2,18	10,00(*)	0,65
y (wh) m/s ²	1,78	15,00(*)	1,37
z (wh) m/s ²	2,66	13,00(*)	2,40
a _{hw} m/s ²	3,87	22,23	2,84
audio dB(A)	Non disponibile	Non disponibile	Non disponibile




(*) valori misurati con sportello di autoveicolo poggiato su cavalletto instabile e probabilmente amplificati

	levigatrice Metabo SRE357	Bosch PSB700RE
Levigatrice orbitale e trapano a percussione		
massa Kg		
impugnatura	superiore (sx)	Posteriore (dx)
potenza KW	0,35	0,70
età anni	nuova	1
Utensile	Carta fina	Punta Widia 14 mm
Note	Su piano di riscontro	Non profess. a percussione
Materiale	acciaio	Muro in laterizi pieni
misure	24/02/2004 EB DM	20/9/04 DG DM
x (wh) m/s ²	2,13	12,1
y (wh) m/s ²	2,60	12,6
z (wh) m/s ²	2,25	6,80
a _{hw} m/s ²	4,04	18,75
audio dB(A)	Non disponibile	116,2

2.g Volante autoveicoli

	Fiat marea SW TD 100
Volante autovettura	
massa Kg	1200
potenza KW	74
età anni	4
velocità	140 Km/h
Note	Gomme nuove equilibrate
misure	15/3/02 DG DM
x (wh) m/s ²	0,039
y (wh) m/s ²	1,090
z (wh) m/s ²	0,063
a _{hw} m/s ²	1,09
audio dB(A)	Misura non disponibile

2.h Attrezzi pneumatici

	pistola avvitatrice "	Ingersoll Rand LA 425	Atlas Copco N.D.
Avvitatori			
massa Kg			
impugnatura	destra	A pistola (destra)	Diritta (destra)
potenza KW			
età anni			
Utensile		Bussolotto esag. 18 mm	Inserto taglio croce
Note	bulloni guard-rail non serrati	Attacco "	Nome modello N.D.
Materiale		Dado autobloccante 18 mm	Vite autofilettante
Misure	11/9/03 EB DM	16/09/2003 DG DM	17/06/2002 DG DM
x (wh) m/s ²	1,67	2,66	2,88
y (wh) m/s ²	1,18	4,68	1,42
z (wh) m/s ²	1,90	2,32	4,51
a _{hw} m/s ²	2,79	5,86	5,54
audio dB(A)	Misura non disponibile	Non Disponibile	Non disponibile

	Somai VSC 75	Levigatrice Festo LEX 150
Vibratore pneumatico Calcestruzzo e levigatrici		
massa Kg	13,7	1,2
impugnatura	*anteriore	destra
potenza KW		
età anni		
Utensile	spillo	Piatto abrasivo
Note	*più vicina organo vibrante	Orbitale con aspirazione
Materiale	Getto calcestruzzo	Parafango auto stuccato
misure	06/5/2002 DG DM	16/09/2003 DG DM
x (wh) m/s ²	1,12	1,44
y (wh) m/s ²	1,86	6,61
z (wh) m/s ²	1,67	1,57
a _{hw} m/s ²	2,74	6,94
audio dB(A)	Dichiarato 78	Non disponibile

2.i Esempio ed algoritmi di calcolo

L'effetto delle vibrazioni sul sistema mano braccio è conosciuto da un tempo sufficientemente lungo da consentire alla normativa di evolversi sulla base di ampi studi statistici nella previsione di una delle più comuni patologie correlate.

Fin dalla norma 5349 del 1986, sono stati distribuiti degli algoritmi previsionali indicativi che consentivano una prima valutazione statistica del nesso eziologico. Tale norma è stata recepita in Italia dalla norma sperimentale UNI 25349 del 1992.

Nell'aggiornamento della norma 5349 del 2001 sono state affinate le metodiche di correlazione, con riduzione del campo d'impiego, in particolare è riportato (in via non ufficiale) il metodo per prevedere il decimo percentile di probabilità della sindrome di Raynaud. Tale norma non risulta agli autori sia stata ancora tradotta in italiano ufficialmente dall'Ente preposto.

Nell'esempio che segue sono state riportate entrambe le previsioni in maniera da fornire la panoramica più ampia possibile della correlazione dose effetto, sarà poi cura del singolo professionista valutare correttamente i dati ottenuti.

La tabella seguente è stata redatta dagli autori e testata con le istruzioni del più diffuso foglio di calcolo elettronico, il contenuto delle celle di calcolo è esplicito nel seguito. Il lettore che voglia realizzarne uno proprio per verificarne l'efficacia dovrà pertanto solamente ricopiarne il contenuto, magari integrandolo per un maggiore numero d'apparecchi od integrandole in computi più complessi.

il contenuto delle celle di calcolo è rispettivamente il seguente:

$$D6 = \text{RADQ}(D3^2 + D4^2 + D5^2)$$

$$D14 = \text{RADQ}(D11^2 + D12^2 + D13^2)$$

$$D22 = \text{RADQ}(D19^2 + D20^2 + D21^2)$$

$$D27 = ((D6^2 * D8 + D14^2 * D16 + D22^2 * D24) / (240))^{0,5}$$

$$D28 = ((D6^2 * D8 + D14^2 * D16 + D22^2 * D24) / (480))^{0,5}$$

$$D29 = 10 * \text{LOG}((10^{(D7/10)} * D8 + 10^{(D15/10)} * D16 + 10^{(D23/10)} * D24) / 480)$$

$$D33 = 31,8 * D28^{(-1,06)}$$

$$D37 = (95 * (C37/100)^{0,5}) / D27$$

$$D39 = ((D27 * C39/95)^2) * 100$$

A1	B	C	D	E
2	attrezzo 1			note
3		asse X ponderata a_{hwx} (m/s^2)		1,23 [m/s^2]
4		asse Y ponderata a_{hwy} (m/s^2)		2,34 [m/s^2]
5		asse Z ponderata a_{hwz} (m/s^2)		3,45 [m/s^2]
6	ISO 5349-1/2001 (1)	somma vettoriale a_{hv}		4,35 [m/s^2]
7		rumore		85,0 dB(A)
8	tempo medio di impiego			30 minuti/giorno
9				
10	attrezzo 2			note
11		asse X ponderata a_{hwx} (m/s^2)		3,21 [m/s^2]
12		asse Y ponderata a_{hwy} (m/s^2)		5,43 [m/s^2]
13		asse Z ponderata a_{hwz} (m/s^2)		6,54 [m/s^2]
14	ISO 5349-1/2001 (1)	somma vettoriale a_{hv}		9,09 [m/s^2]
15		rumore		90,0 dB(A)
16	tempo medio di impiego			60 minuti/giorno
17				
18	attrezzo 3			note
19		asse X ponderata a_{hwx} (m/s^2)		2,34 [m/s^2]
20		asse Y ponderata a_{hwy} (m/s^2)		3,45 [m/s^2]
21		asse Z ponderata a_{hwz} (m/s^2)		4,56 [m/s^2]
22	ISO 5349-1/2001 (1)	somma vettoriale a_{hv}		6,18 [m/s^2]
23		rumore		95,0 dB(A)
24	tempo medio di impiego			90 minuti/giorno
25				
26	esposizione equivalente giornaliera riportata ad 8 ore			
27	$A(4)=(S_i a_{hvi}^2 T_i / 240)^{0.5}$	UNI 25349-1/1992 (1)		6,11 [m/s^2]
28	$A(8)=(S_i a_{hvi}^2 T_i / 240)^{0.5}$	ISO 5349-1/2001 (3)		4,32 [m/s^2]
29		lep,d		88,7 dB(A)
30				
31	appendice C ISO 5349/2001			
32	anni necessari alla probabilità del 10% di insorgenza della sindrome del dito bianco			
33				6,7 anni di esposizione
34				
35	appendice A UNI ENV 25349/1992 (traduzione in italiano vecchia ISO 5349 del 1986)			
36	anni necessari alla probabilità richiesta di insorgenza della sindrome del dito bianco			
37	percentuale richiesta	10		4,9 anni esposizione
38	probabilità di insorgenza malattia del dito bianco in base agli anni d'esposizione			
39	anni di esposizione	12		59,5 % probabilità

3 Vibrazioni al corpo intero

3.a Generalità

Si riportano nei paragrafi seguenti i principali risultati di alcune misure eseguite in ambienti di lavoro per motivi legati alla possibile insorgenza di patologie professionali.

Gli autori hanno rilevato i valori dei singoli assi a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} in accordo alle specifiche della norma ISO 2631-1 (filtrati come indicato in 2631-1 table 3) ed il valore a_w in m/s^2 (2631-1, ... (1) ponderata in base alle indicazioni riportate nel paragrafo 2631-1 7.2.3) riportando tali valori nelle tabelle seguenti.

Il lettore provvederà a calcolare, in funzione del periodo di impiego delle singole macchine, il valore $a(8)$ necessario al confronto statistico con la possibilità di insorgenza di patologie professionali ad esempio con l'impiego del foglio di calcolo riportato al termine del capitolo.

Purtroppo le vibrazioni sono state studiate sistematicamente solo recentemente e la normativa non ha ancora recepito le correlazioni tra causa ed effetto, come nel caso delle vibrazioni al sistema mano braccio e nell'acustica, anzi esistono differenti studi e l'applicazione di diverse procedure conduce spesso a risultati dissimili.

Finché non verranno conclamate le correlazioni tra causa ed effetto è pertanto possibile esprimere giudizi di certezza solo per valori di esposizione $a(8)$ abbastanza distanti da quelli di soglia, che la direttiva 2002/44/CE fissa in limite di azione $0,5 m/s^2$ e valore limite $1,15 m/s^2$, la circolare 25/2004 dell'INAIL li recepisce riconoscendo probabile la patologia per un'esposizione superiore al valore limite, per un periodo superiore a 5 anni, anche tale circolare è logico che venga affinata, con il progresso degli studi in materia, per esposizioni di intensità e durata diverse.

All'incertezza della misura di vibrazioni si deve sommare quella dovuta alle possibili concause che ledono i medesimi organi, principalmente i microtraumi, i movimenti ripetuti e le posture incongrue o le lesioni provocate dal sollevamento di carichi di notevole entità.

I protocolli comunemente diffusi per lo studio delle concause si basano statisticamente sui grandi numeri relativi a lavorazioni costanti nella vita lavorativa e ben definite dinamicamente, ne consegue che essi non risulteranno correttamente applicabili alla maggior parte dei casi pratici e che soprattutto non è stato ancora diffuso alcun protocollo scientifico per la valutazione dell'interazione tra le concause.


Per completezza di trattazione è riportata in appendice una panoramica sui principali protocolli di valutazione degli effetti sulla salute da microtraumi e posture.




I rilievi seguenti sono stati eseguiti nel rispetto della norma ISO 2631-1 del 1997 da cui prendono la denominazione degli assi, ovvero:

- asse z parallelo alla spina dorsale;
- asse y parallelo la retta teste femorali;
- asse x ortogonale i precedenti.




Le direzioni lungo gli assi sono irrilevanti ai fini del rilievo.

3.b Carrelli elevatori


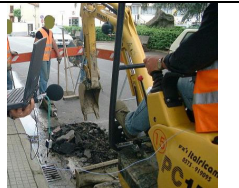
	Still R20-15	Still R20-15	Fiat OM 15 N
elevatori elettrici			
massa Kg			
potenza KW			
età anni	10	10	8
Portata Kg	1020	1020	1500
lavorazione o note	carico di pallets su autocarro	trasporto lungo in stabilimento	trasporto lungo in stabilimento
sedile	rigido	rigido	rigido
terreno	pavimento industriale	pavimento industriale	pavimento industriale
misure	5/11/03 DG DM	5/11/03 DG DM	5/11/03 DG DM
x (wd) m/s ²	Misura non disponibile	0,211	0,211
y (wd) m/s ²	0,506	0,212	0,211
z (wk) m/s ²	0,698	0,469	0,471
a _w m/s ²	0,708 ⁽¹⁾	0,469	0,471
audio dB(A)	80,9	83,2	83,2
⁽¹⁾ valori stimati ipotizzando l'accelerazione lungo l'asse x pari a quella lungo l'asse y			
	Hyster 2.5	Hyster 5,00	Fantuzzi CS 45 KM
elevatori elettrico, diesel e sollevatore containers			
massa Kg			75000
potenza KW			~ 250
età anni	10		2
Portata Kg	2500	5000	45000
lavorazione o note	Movimentazione su piazzale	Carico bobine di carta da 2 tonnellate	Movimentazione containers
sedile	ammortizzato	rigido	ammortizzato
terreno	pavimento ind. sconnesso	calcestruzzo	calcestruzzo
misure	14/7/04 DG	27/5/04 EB DM	20/7/04 DG DM
x (wd) m/s ²	0,428	0,172	0,159
y (wd) m/s ²	0,377	0,238	0,106
z (wk) m/s ²	0,780	0,426	0,233
a _w m/s ²	0,780	0,426	0,233
audio dB(A)	Misura non disponibile	misura non disponibile	81,8

	Papalini TE800S	Taylor T650L	Taylor 520
Grandi elevatori diesel portuali			
massa Kg	55560	43500	35700
potenza KW	~ 200	179	~ 150
età anni	15	4	4
Portata Kg	36016	29450	23000
lavorazione o note	Carico blocchi di pietra su autocarri	Carico blocchi di pietra su autocarri	movimentazione blocchi di pietra in deposito
sedile	ammortizzato	ammortizzato	ammortizzato
terreno	calcestruzzo	calcestruzzo	calcestruzzo
misure	20/7/04 DG DM	20/7/04 DG DM	20/7/04 DG DM
x (wd) m/s ²	0,209	0,184	0,383
y (wd) m/s ²	0,138	0,191	0,294
z (wk) m/s ²	0,287	0,258	0,554
a _w m/s ² m/s ²	0,29	0,27	0,55
audio dB(A)	82,3	83,8	89,6

3.c Macchine movimento terra




	Caterpillar 966F	Hannomag Komatsu wa420	Fiat Hitachi FH120
pale gommate ed apripista			
massa Kg	20905	20000	12000
potenza KW	194	168	62
età anni	5	10	13
utensile	Benna carico inerti	Benna carico inerti	Benna dentata
lavorazione o note	Carico tramogge inerti	Crico camion inerti	Scavo fondazione
sedile	ammortizzato	ammortizzato	Ammortizzato
terreno	Cemento industriale	Cemento industriale	Compatto
misure	3/8/04 DM	3/8/04 DM	12/2/03 EB DG DM
x (wd) m/s ²	0,217	0,551	0,386
y (wd) m/s ²	0,238	0,233	Misura non disponibile
z (wk) m/s ²	0,226	0,604	0,442
a _w m/s ²	0,33	0,77	0,54 ⁽¹⁾
audio dB(A)	77,5	80,8	87,5




⁽¹⁾valori stimati ipotizzando l'accelerazione lungo l'asse x pari a quella lungo l'asse y

	Komatsu PC15R	Komatsu PC15R	FIAT 60 Hp
escavatori			
massa Kg	1575	1575	~ 7000
potenza KW	11,4	11,4	~ 35
età anni	7	7	~ 35
utensile	Martello pneumatico	Benna 40 cm	terna
lavorazione o note	Taglio asfalto e massicciata	Apertura trincea	transito su strada pietrisco
sedile	ammortizzato	ammortizzato	Rigido: lamiera con cuscino
terreno	asfalto	Massicciata stradale	Strada di montagna
misure	24/5/02 DG DM	24/5/02 DG DM	28/05/04 DG DM
x (wd) m/s ²	0,977	0,881	0,512
y (wd) m/s ²	0,473	0,923	0,600
z (wk) m/s ²	0,944	0,327	0,901
a _w m/s ²	1,37	1,29	0,90
audio dB(A)	92,5	97,6	94,9




3.d Trattori e mezzi agricoli



La versatilità di alcuni di tali mezzi ne consente l'impiego sia come mezzi agricoli, che come macchine per lo scavo ed il movimento terra, cambiando le attrezzature specifiche per la lavorazione.

	John deere 8420T	Caterpillar 05B	Caterpillar D6H
Trattori cingolati			
massa Kg	~ 12000	~ 12000	17000
potenza KW	243	132	170
età anni	2	~ 20	10
utensile	ripuntatore 7 ancore	Aratro trivomere	Benna apripista
lavorazione o note	Ripuntatura (scarificazione)	aratura	transito su strada pietrisco
sedile	ammortizzato	ammortizzato	ammortizzato
terreno	sabbioso	sabbioso	pietrisco
misure	11/02/04 EB DM	11/02/04 EB DM	7/6/04 DM
x (wd) m/s ²	0,205	0,345	0,768
y (wd) m/s ²	0,165	0,328	0,689
z (wk) m/s ²	0,242	0,526	0,758
a _w m/s ²	0,287	0,526	1,08
audio dB(A)	83,0	97,3	88,3

	Caterpillar D6H	Caterpillar D60	Caterpillar D60
Trattori cingolati			
massa Kg	17000		
potenza KW	170		
età anni	10	35	35
utensile	Benna apripista	Aratro quadrivomere	Aratro quadrivomere
lavorazione o note	Spianatura terreno	Trasferimento su strada	aratura
sedile	ammortizzato	ammortizzato	ammortizzato
terreno	Argilloso	Strada terra battuta	Argilloso secco
misure	7/6/04 DM	17/4/03 EB DG	17/4/03 EB DG
x (wd) m/s ²	0,535	Misura non disponibile	0,441
y (wd) m/s ²	0,362	0,615	0,382
z (wk) m/s ²	0,552	0,924	0,664
a _w m/s ²	0,75	0,92 ⁽¹⁾	0,66
audio dB(A)	86,7	102,2	101,8

⁽¹⁾ valori stimati ipotizzando l'accelerazione lungo l'asse x pari a quella lungo l'asse y




	Same explorer 80 DT	Fiat Hitachi 90	FIAT 350 DT
Trattori gommati			
massa Kg			
potenza KW	59	59	35
età anni	15	5	30
utensile	Carrello ruote motrici	Terna con benna liscia	-
lavorazione o note	Trasporto su strada sterrata	Pulizia scoline	transito su terreno montagnoso e boschivo
sedile	ammortizzato	ammortizzato	rigido
terreno	Argilloso secco	Argilloso secco	rocce e humus
misure	28/7/03 DM	28/7/03 DM	28/5/04 DG DM
x (wd) m/s ²	0,886	0,7720	0,465
y (wd) m/s ²	1,070	0,7750	0,409
z (wk) m/s ²	2,290	1,030	0,956
a _w m/s ²	2,29	1,09	0,96
audio dB(A)	91,6	91,6	92,1

	Lamborghini 603 DT B	Fiat 1580	New Holland 3550AL
Trattori gommati e mietitrebbia			
massa Kg			
potenza KW	44		
età anni	~ 20	12	7
utensile	Carrello ruote motrici	Carrello ruote libere	
lavorazione o note	Trasporto su strada sterrata		Mietitura
sedile	Ammortizzato	ammortizzato	Ammortizzato
terreno	fangoso	Strada terra battuta	Scosceso
misure	12/9/02 DG DM EM	17/4/03 EB DG	13/7/04 DG DM
x (wd) m/s ²	0,441	Misura non disponibile	0,209
y (wd) m/s ²	0,437	0,592	0,203
z (wk) m/s ²	0,873	1,03	0,439
a _w m/s ²	0,87	1,03 ⁽¹⁾	0,44
audio dB(A)	93,7	79,9	Misura non disponibile




⁽¹⁾ valori stimati ipotizzando l'accelerazione lungo l'asse x pari a quella lungo l'asse y

3.e Autocarri

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

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

3.f Locomotori e carrozze ferroviarie

	646	646	656
locomotori			
massa Kg	110000	110000	120000
potenza KW	3980	3980	4800
età anni	~ 40	~ 40	28
tratta	Pistoia Prato	Partenza da Firenze Rifredi	Pistoia Prato
sedile	Ammortizzato	Ammortizzato	Ammortizzato
misure	17/6/03 DG DM	20/1/04 DG DM	17/6/03 DG DM
X (wd) m/s ²	Misura non disponibile	0,150	Misura non disponibile
Y (wd) m/s ²	0,140	0,156	0,159
Z (wk) m/s ²	0,390	0,468	0,536
a _w m/s ²	0,39 ⁽¹⁾	0,47	0,54 ⁽¹⁾
audio dB(A)	84,1	78,2	79,7




⁽¹⁾ valori stimati ipotizzando l'accelerazione lungo l'asse x pari a quella lungo l'asse y

	464	464	ALE 642
Locomotori			
massa Kg	72000	72000	
potenza KW	3500	3500	0
età anni	3	3	~ 15
tratta	Pistoia Lucca a regime	Partenza stazione Pistoia	Firenze Arezzo
sedile	Ammortizzato	Ammortizzato	ammortizzato
misure	20/1/04 DG DM	20/1/04 DG DM	20/1/04 DG DM
x (wd) m/s ²	0,0429	0,312	0,0598
y (wd) m/s ²	0,0788	0,305	0,131
z (wk) m/s ²	0,0125	0,301	0,129
a _w m/s ²	0,11	0,44	0,18
audio dB(A)	78,3	76,9	81,4

⁽¹⁾ valori stimati ipotizzando l'accelerazione lungo l'asse x pari a quella lungo l'asse y

	vettura pilota media percor.	vettura pilota media percor.	Carrozza treno regionale
vettura pilota e carrozza			
massa Kg			
potenza KW	0	0	0
età anni	~ 20	20	~ 15
tratta	Firenze Arezzo	Scambi Prato	Empoli Siena
sedile	ammortizzato	Ammortizzato	In fotografia 2ª classe
misure	17/6/03 DG DM	17/6/03 DG DM	19/5/04 EB
x (wd) m/s ²	Misura non disponibile	Misura non disponibile	0,343
y (wd) m/s ²	0,425	0,109	0,265
z (wk) m/s ²	0,503	0,214	0,112
a _w m/s ²	0,60 ⁽¹⁾	0,21 ⁽¹⁾	0,48
audio dB(A)	83,7	80,5	73,9

⁽¹⁾ valori stimati ipotizzando l'accelerazione lungo l'asse x pari a quella lungo l'asse y

	Carrozza intercity	Carrozza intercity	Carrozza eurostar ETR500
Carrozze ferroviarie			
massa Kg			
potenza KW	0	0	0
età anni	18 Ristrutturato da 2 anni	18 Ristrutturato da 2 anni	~ 10
tratta	Arezzo Roma	Firenze Arezzo	Firenze Roma
note	100 Km senza fermate	50 Km con una fermata	150 Km senza fermate
sedile	In fotografia 2ª classe	In fotografia 2ª classe	In fotografia 2ª classe
misure	18/5/04 DM	18/5/04 DM	20/4/04 DM
x (wd) m/s ²	0,143	0,178	0,0199
y (wd) m/s ²	0,0266	0,0266	0,0635
z (wk) m/s ²	0,0751	0,0313	0,0961
a _w m/s ²	0,20	0,25	0,096
audio dB(A)	63,2	58,2	65,9

3.g Autovetture




Il presente paragrafo è uno stralcio di uno studio pubblicato separatamente, l'abbondanza di dati ha pertanto consentito una più complessa articolazione dell'esposizione, limitata nel seguito a tre sole misure per veicolo.




L'autovettura è uno strumento di uso quotidiano nella società attuale, essa viene infatti utilizzata, sia come mezzo di locomozione per raggiungere il luogo di lavoro sia come strumento di lavoro vero e proprio da parte di specifiche categorie professionali.

Le vibrazioni che essa trasmette al conducente dipendono da diversi fattori che, per brevità di trattazione, possiamo porre in due distinti gruppi: al primo appartengono quelli riconducibili alle caratteristiche intrinseche (statiche e dinamiche) del veicolo dovute alle scelte progettuali e ai materiali adottati; nel secondo possiamo aggregare tutti quei fattori esterni che hanno influenza diretta sull'intensità delle vibrazioni trasmesse, quali il tipo di pavimentazione stradale, il suo stato di usura, il tipo di percorso e lo stile di guida (nervoso, medio, tranquillo).

Pertanto nel caso delle autovetture si riportano i rilevati in funzione del tipo di percorso specificando lo stato di usura della pavimentazione.

I dati seguenti sono stati ricavati da misure eseguite tutte con il medesimo autista sui medesimi percorsi predefiniti con il medesimo carico sull'autovettura.


	Nissan Micra 1300	Fiat Punto 60 CV	Fiat Punto 80 CV
			
massa Kg	865	875	875
potenza KW	55	44	59
Cilindrata cc.	1275	1242	1242
Km percorsi	71.800	136.000	34.000
età anni	6	6	3
sedile	Avanzamento regolabile	Avanzamento regolabile	Avanzamento regolabile
schienale	Inclinazione regolabile	Inclinazione regolabile	Inclinazione regolabile
Reg.lombare	no	no	no
Alimentata a	benzina	benzina	benzina
Stile di guida	medio	medio	medio
misure	31/3/04 EB DM	9/3/04 EB DM	11/3/04 EB DM
Percorso	AUTOSTRADALE	AUTOSTRADALE	AUTOSTRADALE
Pav. stradale	Asfalto nuovo	Asfalto nuovo	Asfalto nuovo
x (wd) m/s ²	0.0809	0.1900	0.0864
y (wd) m/s ²	0.0753	0.0726	0.1080
z (wk) m/s ²	0.4670	0.4580	0.5090
a _w m/s ²	0.47	0.46	0.51
audio dB(A)	81.1	78	76.3
Percorso	EXTRAURBANO	EXTRAURBANO	EXTRAURBANO
Pav. stradale	Asfalto mediocre	Asfalto mediocre	Asfalto mediocre
x (wd) m/s ²	0.1080	0.1620	0.0900
y (wd) m/s ²	0.0953	0.1400	0.1000
z (wk) m/s ²	0.3990	0.4230	0.4100
a _w m/s ²	0.40	0.42	0.41
audio dB(A)	74.9	72.7	70.1
Percorso	URBANO	URBANO	URBANO
Pav. stradale	Asfalto mediocre	Asfalto mediocre	Asfalto mediocre
x (wd) m/s ²	0.1360	0.1520	0.1360
y (wd) m/s ²	0.1020	0.1090	0.1090
z (wk) m/s ²	0.3710	0.3680	0.3880
a _w m/s ²	0.37	0.37	0.39
audio dB(A)	74.6	67.9	67.5

	Lancia Ipsilon 80 CV	Renault Megane 1600rt	Renault Scenic 1600
			
massa Kg	975	1020	1250
potenza KW	59	66	79
Cilindrata cc.	1242	1598	1598
Km percorsi	1.000	150.000	101.000
età anni	2 mesi	7	5
sedile	Avanzamento regolabile	Avanzamento regolabile	Avanzamento regolabile
schienale	Inclinazione regolabile	Inclinazione regolabile	Inclinazione regolabile
Reg.lombare	si	si	si
Alimentata a	benzina	gpl	benzina
Stile di guida	medio	medio	medio
Percorso	AUTOSTRADALE	AUTOSTRADALE	AUTOSTRADALE
Pav. stradale	Asfalto nuovo	Asfalto nuovo	Asfalto nuovo
misure	11/3/04 EB DM	29/3/04 EB DM	30/3/04 EB DM
x (wd) m/s ²	0.0722	0.0842	0.0454
y (wd) m/s ²	0.1250	0.1110	0.1150
z (wk) m/s ²	0.5170	0.4900	0.4630
a _w m/s ²	0.52	0.49	0.46
audio dB(A)	71.9	76.3	75.6
Percorso	EXTRAURBANO	EXTRAURBANO	EXTRAURBANO
Pav. stradale	Asfalto mediocre	Asfalto mediocre	Asfalto mediocre
x (wd) m/s ²	0.0980	0.0981	0.0747
y (wd) m/s ²	0.1140	0.1200	0.1160
z (wk) m/s ²	0.4000	0.5390	0.3850
a _w m/s ²	0.40	0.54	0.39
audio dB(A)	66.4	70.7	71.9
Percorso	URBANO	URBANO	URBANO
Pav. stradale	Asfalto mediocre	Asfalto mediocre	Asfalto mediocre
x (wd) m/s ²	0.1130	0.1100	0.1490
y (wd) m/s ²	0.1170	0.0894	0.1120
z (wk) m/s ²	0.3750	0.3420	0.3340
a _w m/s ²	0.38	0.34	0.33
audio dB(A)	70.3	67.1	75

	Nissan Tino 1800	Citroen Ricasso 2.0Hdi
		
massa Kg	1370	1300
potenza KW	84	66
Cilindrata cc.	1769	1997
Km percorsi	29.000	140.000
età anni	4	4
sedile	Avanzamento regolabile	Avanzamento regolabile
schienale	Inclinazione regolabile	Inclinazione regolabile
Reg.lombare	si	si
Alimentata a	benzina	diesel
Stile di guida	medio	medio
Percorso	AUTOSTRADALE	AUTOSTRADALE
Pav. stradale	Asfalto nuovo	Asfalto nuovo
misure	1/4/04 EB DM	10/3/04 EB DM
x (wd) m/s ²	0.0758	0.0595
y (wd) m/s ²	0.1250	0.1250
z (wk) m/s ²	0.4600	0.4300
a _w m/s ²	0.46	0.43
audio dB(A)	74.1	74.8
Percorso	EXTRAURBANO	EXTRAURBANO
Pav. stradale	Asfalto mediocre	Asfalto mediocre
x (wd) m/s ²	0.0776	0.0850
y (wd) m/s ²	0.1060	0.1190
z (wk) m/s ²	0.4060	0.4100
a _w m/s ²	0.41	0.41
audio dB(A)	72.3	71
Percorso	URBANO	URBANO
Pav. stradale	Asfalto mediocre	Asfalto mediocre
x (wd) m/s ²	0.1140	0.1310
y (wd) m/s ²	0.1070	0.1220
z (wk) m/s ²	0.3230	0.3490
a _w m/s ²	0.32	0.35
audio dB(A)	71.9	68.7

3.h Varie e misure particolari

Comax tripala 75	
Lavasciuga pavimenti	
massa Kg	
potenza KW	
età anni	2
sedile	Rigido
pavimento	Pavimento industriale
misure	5/7/03 DM
x (wd) m/s ²	0,536
y (wd) m/s ²	0,252
z (wk) m/s ²	0,888
a _w m/s ²	0,89
audio dB(A)	78,0

Misura sperimentale diretta	Martello pneumatico Montabert 10 Kg
	<p>E' stata effettuata una misura sperimentale, non conforme ad alcun protocollo, applicando, con nastro adesivo e cinta in cuoio, un trasduttore triassiale alla schiena di un operatore al martello pneumatico ed applicando un quarto trasduttore sulla roccia (marmo) in posizione intermedia rispetto i piedi dell'operatore, si è constatato come le vibrazioni trasmesse attraverso gli arti superiori siano maggiori di quelle trasmesse dagli arti inferiori ed assumano intensità potenzialmente dannose anche per la colonna vertebrale.</p>
utensile	Fioretto (punta rotante 30 mm)
misure	21/7/04 DG DM
x (wd) m/s ²	0,192
y (wd) m/s ²	0,341
z (wk) m/s ²	1,260
a _w m/s ²	1,26
terra z(wk) m/s ²	1,030

3.i Esempio ed algoritmi di calcolo

La misura d'esposizione alle vibrazioni del corpo intero deve essere eseguita contemporaneamente per i tre assi, per evitare che le normali variazioni temporali dei valori ne inficino i risultati, gli strumenti specifici attualmente in commercio hanno tutti la possibilità di fornire direttamente il valore pesato di filtri Wd (assi x ed y) o Wk, qualora si disponga di dati terzo rilevati linearmente in bande di terzo di ottava (ad esempio per un rilievo eseguito per scopi diversi od impiegando uno strumento non specifico quale un oscilloscopio analizzatore di spettro), è sempre possibile giungere ai valori pesati lungo gli assi moltiplicando i singoli valori di banda per il coefficiente riportato nella tabella 3 della norma 2631-1.

I valori filtrati delle bande di terzo di ottava debbono poi essere riuniti nell'unico valore a_{wx} , a_{wy} od a_{wz} con l'equazione 2631-1 ..(9) $a_w = (\sum_i (w_i a_i)^2)^{0,5}$.

Il valore a_w che interessa gli effetti sulla salute è il maggiore tra le tre componenti assiali moltiplicato per un fattore di amplificazione che vale 1,4 per gli assi x ed y e 1 per quello z. (cfr 2631-1 paragrafo 7) questo valore è il valore a_w riportato nelle tabelle sperimentali precedenti.

Partendo da tale valore riportato nella presente raccolta il lettore può giungere al valore $a(8)$ una volta noto il periodo di effettiva esposizione media giornaliera alle varie macchine, riportando tale esposizione ad 8 ore.

Il calcolo per pervenire ad $a(8)$ può essere fatto con un foglio di calcolo come quello di esempio illustrato nella pagina seguente.

Il contenuto delle celle di calcolo è rispettivamente il seguente:

$$D6 = \text{MAX}(1,4*D3;1,4*D4;D5)$$

$$D14 = \text{MAX}(1,4*D11;1,4*D12;D13)$$

$$D22 = \text{MAX}(1,4*D19;1,4*D20;D21)$$

$$D26 = 10 * \text{LOG}((10^{(D7/10)} * D8 + 10^{(D15/10)} * D16 + 10^{(D23/10)} * D24) / (D8 + D16 + D24))$$

$$D29 = ((D6^2 * D8 + D14^2 * D16 + D22^2 * D24) / (480))^{0,5}$$

$$D30 = 10 * \text{LOG}((10^{(D7/10)} * D8 + 10^{(D15/10)} * D16 + 10^{(D23/10)} * D24) / 480)$$

A1	B	C	D	E
2	macchina 1			note
3	asse X	ponderata a_{wd} (m/s^2)		0,35 [m/s^2]
4	asse Y	ponderata a_{wd} (m/s^2)		0,46 [m/s^2]
5	asse Z	ponderata a_{wk} (m/s^2)		0,57 [m/s^2]
6			massimo a_w	0,64 [m/s^2]
7	rumore			80,0 dB(A)
8	tempo medio di impiego			90,00 minuti / giorno
9				
10	macchina 2			note
11	asse X	ponderata a_{wd} (m/s^2)		0,23 [m/s^2]
12	asse Y	ponderata a_{wd} (m/s^2)		0,35 [m/s^2]
13	asse Z	ponderata a_{wk} (m/s^2)		0,46 [m/s^2]
14			massimo a_w	0,48 [m/s^2]
15	rumore			85,0 dB(A)
16	tempo medio di impiego			150,00 minuti / giorno
17				
18	macchina 3			note
19	asse X	ponderata a_{wd} (m/s^2)		0,47 [m/s^2]
20	asse Y	ponderata a_{wd} (m/s^2)		0,46 [m/s^2]
21	asse Z	ponderata a_{wk} (m/s^2)		0,77 [m/s^2]
22			massimo a_w	0,77 [m/s^2]
23	rumore			90,0 dB(A)
24	tempo medio di impiego			120,00 minuti / giorno
25				
26				leq 86,9 dB(A)
27				
28	esposizione equivalente giornaliera riportata ad 8 ore			
29	$A(8) = (\sum_i a_{w,i}^2 T_i / 480)^{0.5}$ (ISO 2631-1 B1)			0,54 [m/s^2]
30	lep,d			85,7 dB(A)

4. Normativa

Al momento il problema “vibrazioni” è stato affrontato genericamente dalla legislazione italiana nel D.P.R. 303/56 e dal D.P.R. 459/96 “Direttiva Macchine”, quest’ultimo oltre a raccomandazioni di riduzione impone di riportare sul libretto d’istruzioni le prescrizioni per ridurle ed il valore medio quadratico ponderato, in frequenza, cui esse espongono i lavoratori sia agli arti che al corpo intero.

A livello europeo, è stata pubblicata la “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”.




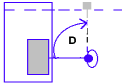
Tale direttiva riguarda l'esposizione professionale alle vibrazioni meccaniche trasmesse al sistema mano-braccio e al corpo intero e stabilisce i requisiti minimi di tutela e sicurezza contro i rischi per la salute derivanti dalle vibrazioni meccaniche nonché i valori limite e di azione che dovranno essere recepiti dagli Stati membri.

A completamento di quanto detto si riportano i principali riferimenti normativi, a livello nazionale e internazionale, riguardanti la prevenzione del rischio vibrazioni:


- Decreto Presidente della Repubblica del 19/03/1956, n. 303 “Norme generali per l’igiene del lavoro”;
- Decreto Legislativo del 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 e 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro” e successivi aggiornamenti e integrazioni;
- Decreto Presidente della Repubblica del 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”;
- 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), G.U.C.E. L 177/13 del 6 luglio 2002.
- Norma ISO 2631-1 (1997) “Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part. 1: General requirements”.
- Norma ISO 8041 (1990) “Human response to vibration - Measuring instrumentation”.
- Norma ISO 5349 (2001) “Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements; Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace”.
- Norma UNI ENV 25349 (1994) “Vibrazioni meccaniche - Linee guida per la misurazione e la valutazione dell’esposizione a vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio”.
- ISPESL Linee Guida per la valutazione del rischio vibrazioni in ambiente di lavoro (edizione luglio 2002).
- Circolare INAIL n. 25 del 15 aprile 2004 “Malattie del rachide da sovraccarico biomeccanico. Modalità di trattazione delle pratiche”.

Appendice1: Indice di sollevamento (NIOSH, 1993). (E. Mastrominico)

Il modello proposto dal NIOSH consente di determinare, per ogni azione di sollevamento, il "limite di peso raccomandato" attraverso un'equazione che, a partire da un massimo peso ideale sollevabile in condizioni ideali, considera l'eventuale esistenza di elementi di rischio e assegna a questi ultimi opportuni fattori di demoltiplicazione, secondo lo schema qui di seguito riportato, che il lettore può facilmente trovare anche in Internet.

COSTANTE DI PESO (kg.)	ETA'	MASCHI	FEMMINE	OP	
	> 18 ANNI	3 0	2 0		
	ALTEZZA DA TERRA DELLE MANI ALL'INIZIO DEL SOLLEVAMENTO			X	
	ALTEZZA (cm)	0	25 50 75 100 125 150 >175	FATTORE	0,77 0,85 0,93 1,00 0,93 0,85 0,78 0,00
	DISTANZA VERTICALE DI SPOSTAMENTO DEL PESO FRA INIZIO E FINE DEL SOLLEVAMENTO			X	
	DISLOCAZIONE (cm)	25 30 40 50 70 100 170 >175	FATTORE	1,00 0,97 0,93 0,91 0,88 0,87 0,86 0,00	B
	DISTANZA ORIZZONTALE TRA LE MANI E IL PUNTO DI MEZZO DELLE CAVIGLIE - DISTANZA DEL PESO DEL CORPO (DISTANZA MASSIMA RAGGIUNTA DURANTE IL SOLLEVAMENTO)			X	
	DISTANZA (cm)	25 30 40 50 55 60 >63	FATTORE	1,00 0,83 0,63 0,50 0,45 0,42 0,00	C
	DISLOCAZIONE ANGOLARE DEL PESO (IN GRADI)			X	
	Dislocazione angolare	0 30° 60° 90° 120° 135° >135°	FATTORE	1,00 0,90 0,81 0,71 0,52 0,57 0,00	D
E	GIUDIZIO SULLA PRESA DI CARICO			X	
	GIUDIZIO FATTORE	BUONO 1,00	SCARSO 0,90	E	
F	FREQUENZA DEI GESTI (numero atti al minuto) IN RELAZIONE A DURATA			X	
	FREQUENZA	0,20 1 4 6 9 12 >15	CONTINUO < 1 ora	1,00 0,94 0,84 0,75 0,52 0,37 0,00	F
		CONTINUO da 1 a 2 ore	0,95 0,88 0,72 0,5 0,3 0,21 0,00		
		CONTINUO da 2 a 8 ore	0,85 0,75 0,45 0,27 0,15 0,00 0,00		
				=	
	KG. DI PESO EFFETTIVAMENTE SOLLEVATO		PESO LIMITE RACCOMANDATO	Kg.	

INDICE DI SOLLEVAMENTO (IS) = PESO EFFETTIVAMENTE SOLLEVATO/PESO LIMITE RACCOMANDATO

<p>IS <0,75 <i>Situazione accettabile, non è richiesto alcun intervento specifico.</i></p> <p>0,76<IS<1,25 <i>La situazione si avvicina ai limiti; è preferibile, laddove è possibile, ridurre il rischio con interventi strutturali e organizzativi</i></p> <p>1,25 <IS< 3 <i>La situazione può comportare un rischio per quote rilevanti di soggetti e pertanto richiede un intervento di prevenzione primaria. Il rischio è tanto più elevato quanto maggiore è l'indice e con tale criterio dovrebbe essere programmata la priorità degli interventi di bonifica.</i></p> <p>IS>3 <i>Vi è necessità di un intervento immediato di prevenzione.</i></p>	 <p>Interpretazione dell'indice di esposizione</p>
--	--

Indicazioni più dettagliate sul metodo illustrato si possono trovare all'indirizzo www.cdc.gov/niosh.

Un esempio

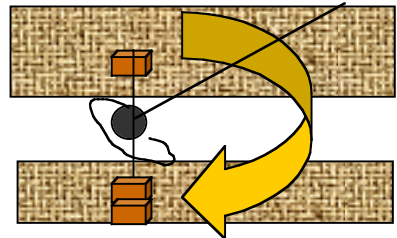
La figura mostra un operatore di sesso maschile addetto alla movimentazione di oggetti in posizione obbligata.

Qui di seguito sono indicati i valori dei parametri necessari per il calcolo dell'indice di sollevamento.

- Altezza dei nastri trasportatori = 75 cm;
- Peso degli oggetti movimentati = 10 kg;
- Distanza massima del peso dal corpo raggiunta durante il sollevamento=25 cm;
- Dislocazione angolare: angolo di origine = 30°,
 angolo di destinazione = 130°;

Fattore di presa = buono;
Frequenza = vengono movimentati 60 pezzi/ora.

$$\text{Indice di sollevamento} = \frac{10}{(CP \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F)} = \frac{10}{(30 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 0,584 \cdot 1 \cdot 0,7)} = 0,76$$



Appendice2: Job strain index (Moore e Garg, 1995). (E. Mastrominico)

Numerosi metodi sono stati proposti in letteratura per la valutazione dell'esposizione a rischio in attività lavorative che richiedono movimenti ripetitivi degli arti superiori. In generale, tali metodi associano alle variabili proprie dell'attività lavorativa (forza, postura, ripetitività, durata) alcuni fattori numerici che definiscono il livello di rischio per l'operatore sulla base di indicazioni ottenute attraverso studi epidemiologici, psicofisici e fisiologici.

Qui di seguito si illustra attraverso un esempio il calcolo dello Strain Index (SI) (Moore e Garg, 1995), che individua per ogni compito lavorativo e per ogni braccio sei fattori di rischio, ai quali assegna un punteggio, secondo lo schema qui di seguito riportato.

Fattori di rischio e criteri di valutazione

Valore di classe	Intensità dello sforzo	Durata % dello sforzo	Azioni/Minuto	Postura mano/polso	Ritmo di lavoro	Durata del compito
1	Leggero	<10	<4	Molto buona	Molto lento	<=1
2	Talvolta intenso	10-29	4-8	Buona	Lento	1-2
3	Intenso	30-49	9-14	Normale	Normale	2-4
4	Molto intenso	50-79	15-19	Cattiva	Veloce	4-8
5	Vicino al massimo	>=80	>=20	Molto cattiva	Molto veloce	>8


Determinazione dei moltiplicatori

Stabilito il valore di classe per ogni fattore di rischio, questo va trasformato in un moltiplicatore secondo lo schema che segue.

Valore di classe	Intensità dello sforzo (IS)	Durata % dello sforzo (DS)	Azioni/Minuto (AM)	Postura mano/pols o (PMP)	Ritmo di lavoro (RL)	Durata del compito (DC)
1	1	0,5	0,5	1	1	0,25
2	3	1	1	1	1	0,50
3	6	1,5	1,5	1,5	1	0,75
4	9	2	2	2	1,5	1
5	13	3	3	3	2	1,50

Il valore dello Strain Index è dato dal prodotto dei vari moltiplicatori.

$$SI = IS * DS * AM * PMP * RL * DC$$

SI<3	<i>Assenza di rischio</i>	
3<SI<5	<i>Situazione di incertezza</i>	
5<SI<7	<i>Situazione di rischio lieve</i>	
SI>7	<i>Presenza di rischio</i>	

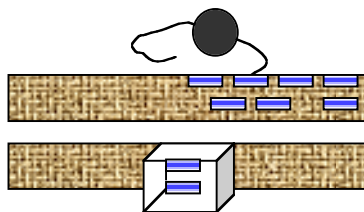
Per maggiori dettagli sul metodo illustrato si rimanda all'articolo originale:
*"The Strain Index: A proposed Method to Analyze Jobs for Risk of Distal Upper
 Extremity Disorders"*, J. S. Moore and A. Garg, *AIHA Journal*, 56(5), 443-458.

Un esempio

Si prenda in esame il caso di una operatrice addetta ad una linea di confezionamento gelati.

La linea prevede la presenza di un'operatrice di controllo, di due addette all'inscatolamento vero e proprio e di un'operatrice al caricamento scatole. E' prevista una rotazione delle quattro addette ogni ora, ovvero nell'arco di una giornata lavorativa ogni operatrice sarà addetta ai compiti manuali di inscatolamento per circa 2 ore.

L'attività viene svolta prevalentemente in piedi. I gelati del peso di 80g arrivano su un nastro trasportatore alla sinistra dell'operatrice, che afferra fino a quattro pezzi per mano e li depone in scatole, che scorrono su un nastro trasportatore parallelo a quello di arrivo dei prodotti. Ogni scatola contiene 32 pezzi; in un'ora vengono riempite 360 scatole.



Si individuano, quindi, 6 cicli al minuto e più di 20 azioni al minuto (l'operatrice infatti compie 4 azioni di presa per ogni ciclo, ovvero per ogni scatola riempita).

Qui di seguito vengono riassunti gli elementi per il calcolo:

Intensità dello sforzo	Leggero
Durata % dello sforzo	50-79%
Azioni al minuto	>20
Postura mano-polso	Normale, vicina alla neutralità
Ritmo di lavoro	Normale velocità di movimento
Durata del compito	2 ore/giorno

Si arriva in tal modo a calcolare un valore dello Strain Index pari a 6.75.

Appendice 3: Malattie professionali indotte dalle vibrazioni. (A. Ulissi)

A3.a Fenomeno e malattia di Raynaud

Definizione: La malattia di Raynaud è una sindrome che si manifesta con improvvisi episodi di pallore e cianosi delle dita, in risposta al freddo o alle emozioni. Al termine della crisi, al pallore, fa seguito un rossore.

Quando è primitivo il fenomeno viene definito “Malattia di Raynaud”, se è secondario ad altre patologie viene denominato “Fenomeno di Raynaud”.

Il fenomeno di Raynaud come malattia professionale è spesso secondario all'esposizione a fonti vibratorie ed è anche conosciuto come “Sindrome del dito bianco da vibrazione”. Tale patologia compare generalmente dopo molti anni di esposizione alle vibrazioni di strumenti di lavoro.

Eziologia: La causa di tale fenomeno sembra essere un danno della parete dei vasi arteriosi digitali che si sviluppa per i microtraumi ripetuti indotti da strumenti vibratorie e che determina intensa vasocostrizione o spasmo delle arterie, con riduzione dell'afflusso di sangue all'estremità delle dita, con conseguente comparsa di pallore e cianosi. Il rossore, che fa seguito alla crisi, è invece dovuto alla vasodilatazione. Nei soggetti con fenomeno di Raynaud occupazionale il flusso ematico a livello delle arteriole digitali è ridotto anche negli intervalli tra le crisi acute.

A3.b Sindrome del tunnel carpale

Definizione: La sindrome del tunnel carpale è rappresentata da dolore e parestesie (formicolii) a livello della superficie palmare delle prime tre dita ed a volte del quarto dito; talvolta con irradiazione alla spalla. Si evidenzia una perdita di sensibilità e riduzione di forza nei movimenti del pollice, con atrofia dei muscoli dell'eminenza tenar (area della mano alla base del pollice).

Eziologia: La sindrome del tunnel carpale deriva da una compressione del nervo mediano sul piano osseo, nel tratto in cui il nervo decorre a livello della regione palmare. E' spesso causato da microtraumi ripetuti sul palmo della mano, come si verifica nei lavoratori esposti per anni all'uso di strumenti vibranti.

A3.c Ernie discali

Definizione: Le patologie che più frequentemente insorgono nei lavoratori esposti a vibrazioni e microtraumatismi del rachide sono le ernie discali e la spondiloartrosi.

Eziologia: Il disco intervertebrale è una struttura fibrocartilaginea interposta tra due vertebre; è costituito da un nucleo centrale gelatinoso, che permette di assorbire le sollecitazioni meccaniche che si creano tra i due corpi vertebrali e da un anello fibroso esterno.

L'avanzare dell'età comporta una riduzione progressiva del contenuto idrico, del volume e della elasticità del nucleo gelatinoso, con maggiore suscettibilità ai traumatismi ripetuti e alla compressione.

I traumi ripetuti inducono la formazione di soluzioni di continuo dell'anello fibroso, con conseguente fuoriuscita del nucleo centrale, che può andare a

comprimere le radici nervose spinali e le terminazioni nervose, causando l'insorgere dei sintomi clinici. A volte l'ernia va a comprimere il midollo spinale.

I sintomi clinici sono dovuti a questi fenomeni compressivi e variano in base alla sede di compressione. Le sedi più frequenti sono L4 –L5 e L5 –S1 (lombari e lombo-sacrali).

Il sintomo più frequente dell'ernia discale è il dolore, spesso associato a rigidità delle strutture muscolari adiacenti.

A3.d Spondilodiscoartrosi

Definizione: si tratta di fenomeni degenerativi dei segmenti ossei e delle strutture fibro-cartilaginee interposte della colonna vertebrale. I segni ed i sintomi sono simili a quelli causati dalle ernie discali, anche se l'esordio è meno acuto.

Eziologia: E' causata dalla associazione di alterazioni degenerative del disco intervertebrale e da alterazioni reattive dei piani ossei adiacenti. Di solito è asintomatica finché non si verificano fenomeni di compressione midollare e/o radicolare, determinati dai fenomeni reattivi ossei, nel qual caso i sintomi simulano quelli dell'ernia discale. Il dolore è di solito meno acuto ma con caratteristiche di plurisegmentarietà, cioè interessamento di più distretti contemporaneamente e dolori riferiti in più aree della colonna vertebrale. Le contratture muscolari possono essere assenti.