

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA

Adeguamento del sistema

A7 – A10 – A12


PROGETTO DEFINITIVO Progetto Infrastrutturale

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

VIBRAZIONI – NORMATIVA DI RIFERIMENTO

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Ferruccio Bucalo Ord. Ingg. Genova N. 4940 RESPONSABILE UFFICIO MAM	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 RESPONSABILE AREA DI PROGETTO GENOVA	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE FUNZIONE STP
---	---	--

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO										DATA: FEBBRAIO 2011	REVISIONE											
	DIRETTORIO				FILE							n.	data										
	codice commessa		N.Prog.	unita'	n. progressivo																		
	1	1	07	1	2	0	4	M	A	M	I	A	M	B	X	V	I	B	0	0	1		
	SCALA: –																						

 ingegneria europea	COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO Ing. Ilaria Lavander	ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI : Dott. Francesco Cipolli
		IL RESPONSABILE ATTIVITA' SPECIALISTICA: Ing. Sara Frisiani
CONSULENZA A CURA DI :	COORDINAMENTO SCIENTIFICO Ing. Mauro Di Prete	

VISTO DEL COORDINATORE GENERALE SPEA DIREZIONE OPERATIVA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE LAVORI ASPI Ing. Alberto Selleri	VISTO DEL COMMITTENTE  Ing. Giorgio Fabriani	VISTO DEL CONCEDENTE 
---	--	--

INDICE

1. La normativa di riferimento.....	1
-------------------------------------	---

1. La normativa di riferimento

Allo stato attuale non esistono atti legislativi che regolino la materia dell'inquinamento derivante da moti vibratorii.

Tuttavia, in sede nazionale ed internazionale esistono delle normative alle quali fare riferimento per quanto riguarda:

- i parametri fisici idonei a valutare la sismicità presente all'interno di un edificio;
- le posizioni dell'edificio in cui misurare i predetti parametri fisici;
- le tecniche di misura;
- i valori limite oltre i quali è possibile il verificarsi di un effetto non voluto.

In generale vengono considerati due "effetti non voluti" distinti: l'uno riguardante il disturbo delle vibrazioni sull'uomo, l'altro relativo al possibile danno che le vibrazioni possono arrecare alle strutture.

La valutazione delle vibrazioni presenti all'interno degli edifici in relazione al loro effetto sull'uomo è regolamentata da normative quali la UNI 9614, la UNI 11048 e la ISO 2631-2.

La valutazione delle vibrazioni in relazione al danno strutturale può essere fatta basandosi su apposite normative quali la UNI 9916 e la DIN 4150-3.

Inoltre indicazioni vengono date sia per disturbo alle persone che per i danni strutturali della norma ENV 1993-5, Eurocode 3.

Per quanto attiene al danno strutturale l'Appendice B della UNI 9916 contiene i criteri di accettabilità delle vibrazioni con riferimento alla DIN 4150. La parte 3 della DIN 4150 indica nella massima velocità istantanea delle particelle (PPV) il parametro da misurare al fine di valutare la vibrazione in termini di danni strutturali.

Per vibrazioni transitorie la DIN 4150 indica tre posizioni in cui eseguire i rilievi:

- in corrispondenza delle fondazioni;
- sul solaio più elevato in corrispondenza del muro perimetrale;
- al centro dei solai.

Nella Tabella 1-1 sono riportati, per diverse tipologie di costruzioni, i valori di riferimento per v_i sulle fondazioni ed a livello del solaio superiore.

Nel caso di rilievi eseguiti al centro di solai il valore di riferimento è pari a 20 mm/s per la vibrazione in direzione verticale. Nelle costruzioni di cui alla Tabella 1-1, riga 3, per evitare danni di lieve entità potrà essere necessaria una diminuzione di valore di riferimento.

La Figura 1-2 riassume quanto esposto per le vibrazioni transienti. Nella lettura di tale figura si deve rammentare che:

- o Nel caso di misure in staz. 1 (fondazione) si prende a riferimento il valore maggiore delle tre componenti;
- o Nel caso di misure in staz. 2 (ultimo solaio orizzontale del fabbricato) si prende in considerazione il valore maggiore tra le due componenti orizzontali;
- o Nel caso di misure in staz. 3 (mezzeraia solaio) si prende in considerazione la vibrazione in direzione verticale.

Tabella 1-1 Valori di riferimento per la velocità d'oscillazione V_i per la valutazione degli effetti di vibrazioni transienti sulle costruzioni

Riga	Tipi di edificio	Valori di riferimento per velocità di oscillazione in mm/s			
		Fondazioni frequenze			Ultimo solaio, orizzontale
		da 1 a 10 Hz	da 10 a 50 Hz	da 50 a 100 Hz *	Tutte le frequenze
1	<i>Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari</i>	20	da 20 a 40	da 40 a 50	40
2	<i>Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo</i>	5	da 5 a 15	da 15 a 20	15
3	<i>Edifici che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle precedenti classificazioni e che sono da tutelare in modo particolare (monumenti sotto la protezione delle belle arti)</i>	3	da 3 a 8	Da 8 a 10	8

(*) Per frequenze superiori ai 100 Hz possono essere adottati come minimo i valori per 100 Hz

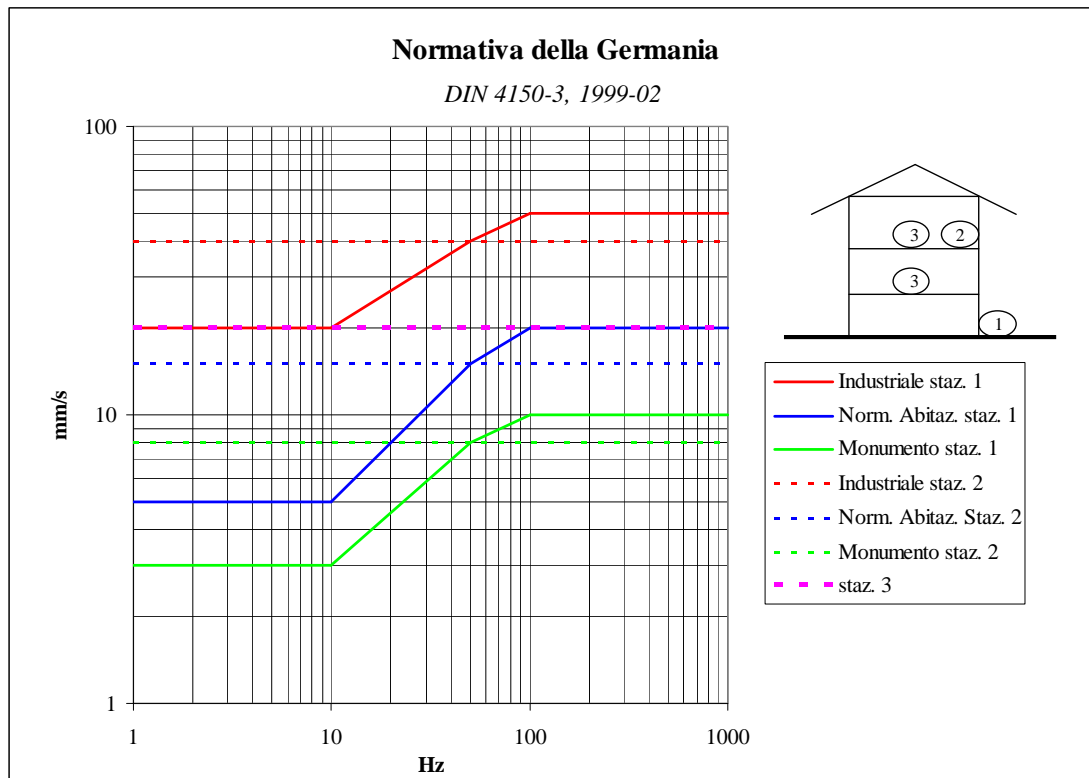


Figura 1-2 Stazioni di rilievo e valori limite per vibrazioni transitorie

Nel caso di vibrazioni prolungate la norma DIN 4150 richiede l'esecuzione di misure all'ultimo solaio dell'edificio e in mezzera dei solai. Nella Tabella 1-3 sono riportati i valori di riferimento per ciascuna componente orizzontale misurate all'ultimo solaio dell'edificio.

Nel caso di rilievi eseguiti al centro di solai il valore di riferimento è pari a 10 mm/s per la vibrazione in direzione verticale.

Tabella 1-3 Valori di riferimento per la velocità d'oscillazione v_i per la valutazione degli effetti di vibrazioni prolungate sulle costruzioni

Riga	Tipo di edificio	Valori di riferimento per velocità di oscillazione in mm/s
		Ultimo solaio, orizzontale, tutte le frequenze
1	Costruzioni per attività commerciale, costruzioni industriali e costruzioni con strutture similari	10
2	Edifici abitativi o edifici simili per costruzione o utilizzo	5
3	Edifici che per la loro particolare sensibilità alle vibrazioni non rientrano nelle precedenti classificazioni e che sono da tutelare in modo particolare (monumenti sotto la protezione delle belle arti)	2,5

Il rispetto di valori indicati implica che non insorgeranno danni agli edifici in termini di diminuzione di valore d'uso.

Per diminuzione del valore d'uso di un edificio si intende:

- Compromissione della sicurezza statica di edifici o di loro parti;
- Diminuzione della portanza dei solai

Inoltre per edifici del tipo indicato in Tabella 1-1, righe 2 e 3, si ha una diminuzione del valore d'uso dell'edificio anche in presenza dei seguenti danni lievi:

- Lesione dell'intonaco delle pareti
- Incremento di lesioni già esistenti nell'edificio
- Lesionamento tra tramezzi o divisori e murature portanti o solai

È da sottolineare comunque che il superamento dei limiti indicati non necessariamente implica l'insorgere di danni strutturali

Nel seguito della presente con il termine "danno strutturale" verrà inteso la diminuzione del valore d'uso come ora sopra definito.

Per quanto attiene al disturbo alle persone, la norma UNI 9614 indica come grandezza preferenziale per la misura delle vibrazioni ai ricettori il valore r.m.s. (root-mean-square) dell'accelerazione ponderata in frequenza definito come:

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w(t)^2 dt}$$

dove $a_w(t)$ è il valore "istantaneo" dell'accelerazione subita dal un punto materiale (pesata in frequenza mediante filtri di ponderazione) durante il moto vibratorio e T è il tempo di integrazione.

Il livello di accelerazione viene espresso in dB come:

$$L_w = 20 \times \text{Log} \frac{a_w}{a_0}$$

dove il a_0 è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a 10^{-6} m/s^2 .

La funzione $a_w(t)$ si ottiene dalla funzione $a(t)$, ossia dall'andamento temporale dell'accelerazione del punto materiale (time history) applicando i filtri di ponderazione in frequenza riportati in Figura 1-5.

I filtri di ponderazione portano in conto che la sensibilità dell'uomo alle vibrazioni dipende dalla frequenza delle stesse. In questo senso, i filtri di ponderazione, frequenza per frequenza, rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo.

Poiché la sensibilità dell'uomo alle vibrazioni dipende anche dalla direzione di propagazione della stessa nel corpo i filtri sono riportati separatamente per vibrazioni lungo l'asse z e lungo gli assi x e y (cfr. Figura 1-4). Nel caso la postura del soggetto esposto non sia nota viene indicato un filtro apposito.

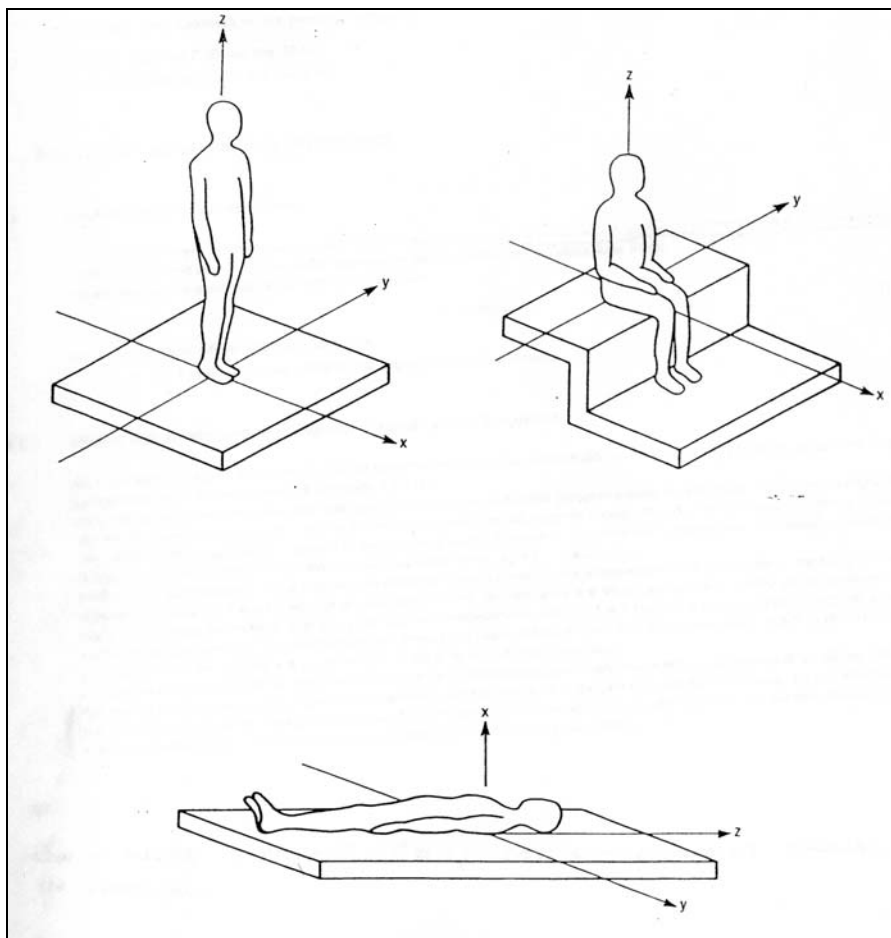


Figura 1-4 Direzione delle vibrazioni in relazione al corpo umano

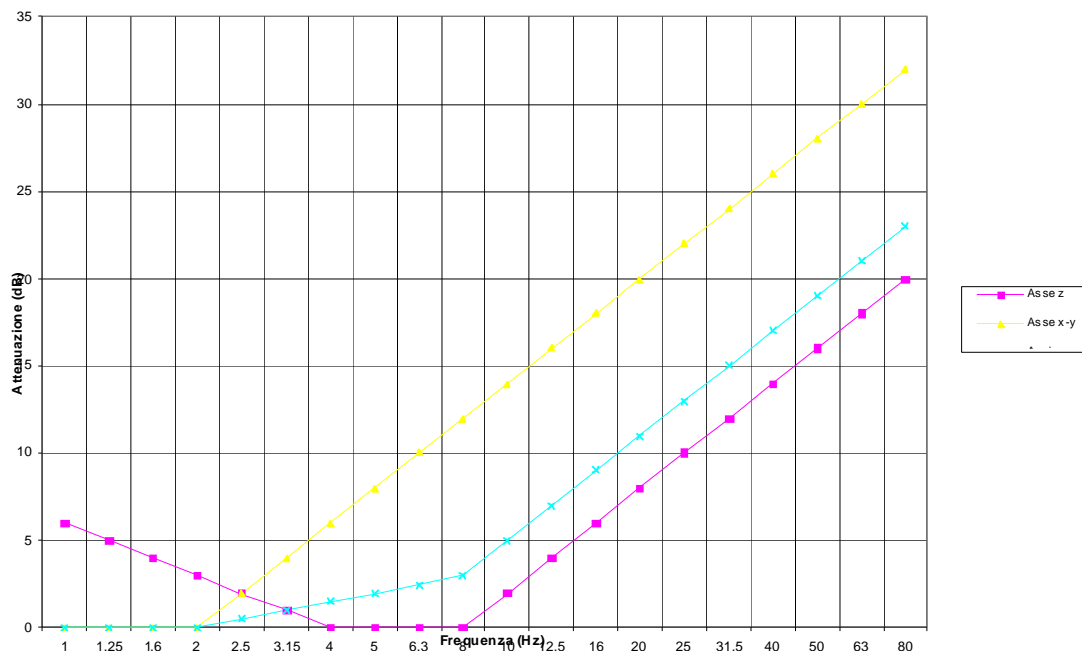


Figura 1-5 Filtri di ponderazione (UNI 9614)

Per quanto attiene a vibrazioni continue di livello costante o non il parametro di riferimento da adottare ai fini di una valutazione del disturbo alle persone è il livello equivalente dell'accelerazione ponderata in frequenza (L_{w_eq}) ottenuto utilizzando tempi di integrazioni pari alla durata del fenomeno vibratorio

In relazione al fatto che generalmente non risulta nota a priori né la posizione della persona esposta alle vibrazioni all'interno degli edifici né la sua postura, la misura della vibrazione deve essere riferita al centro dell'ambiente esposto e deve essere utilizzata la curva di pesatura per assi combinati riportata nella UNI 9614.

Ai fini di una valutazione della vibrazione presente, i valori del livello equivalente dell'accelerazione ponderata in frequenza devono essere confrontati con i valori di riferimento riportati nella Tabella 1-6.

**Tabella 1-6 Valori e livelli limite delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza (Prospetto III
- UNI 9614)**

Destinazione d'uso	Accelerazione	
	m/s ²	dB
Aree critiche	3,6 10 ⁻³	71
Abitazioni notte	5,0 10 ⁻³	74
Abitazioni giorno	7,0 10 ⁻³	77
Uffici	14,4 10 ⁻³	83
Fabbriche	28,8 10 ⁻³	89

Fenomeni vibratorii caratterizzati dal superamento dei predetti limiti, possono essere considerati oggettivamente disturbanti l'individuo esposto.

La norma però evidenzia che l'accettabilità (tollerabilità) del fenomeno "oggettivamente disturbante" dipende dalla durata e dalla frequenza con cui si verifica. La norma tuttavia non indica un criterio di accettabilità del disturbo riscontrato.

Nell'ambito degli studi d'impatto da vibrazioni dovute a lavorazioni di cantiere, per la valutazione della sismicità presente in termini di disturbo alle persone la norma UNI 9614 risulta di difficile applicazione in quanto:

- La norma come detto fornisce elementi per il "riconoscimento" di un fenomeno vibratorio oggettivamente disturbante ma non definisce criteri mirati a stabilire la tollerabilità o meno del fenomeno stesso che oltre che dall'intensità dipende anche dalla durata e dalla frequenza con cui si verifica. Questo aspetto risulta fondamentale nel caso delle vibrazioni indotte da attività di cantiere che come detto al punto 1 risultano manifestarsi nelle modalità più disparate in termini di intensità durata e frequenza;
- I dati presenti in letteratura in merito a sismicità indotta da macchinari di cantiere sono espressi in termini di ppv e non di accelerazione ponderata in frequenza. Tale aspetto è da relazionare al fatto che le misure eseguite in concomitanza con attività di cantiere sono

principalmente mirate alla valutazione del danno strutturale e di conseguenza i risultati sono espressi in ppv.

Ai fini della valutazione della vibrazione in termini di disturbo alle persone risulta di più agevole applicazione la norma ENV 1993-5, Eurocode 3. In tale norma vengono riportati i valori limite in termini di ppv distinti per edifici residenziali e per strutture più "sensibili" (laboratori, ospedali e librerie). Nella definizione dei valori limite viene fatta una distinzione in merito al fatto che i residenti degli edifici siano stati o meno avvisati delle lavorazioni in corso e quindi della possibilità di esistenza di moti vibratori indotti. Inoltre una ulteriore distinzione viene fatta a seconda della durata in giorni delle attività lavorative. La seguente Figura 1-7 illustra i valori accettabili della vibrazione al fine di prevenire il disturbo alle persone (eurocode 3).

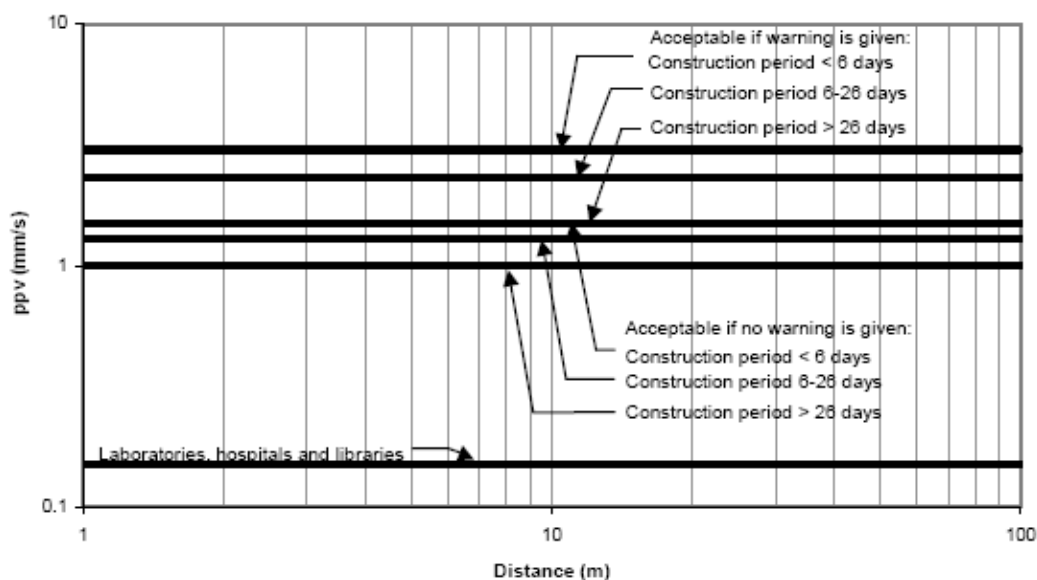


Figura 1-7 Massima vibrazione accettabile per prevenire il disturbo alle persone

La medesima norma inoltre riporta anche dei valori di vibrazione, in termini di ppv, al fine di prevenire danni strutturali. La seguente figura illustra i predetti valori limite (eurocode 3) per vibrazioni transienti.

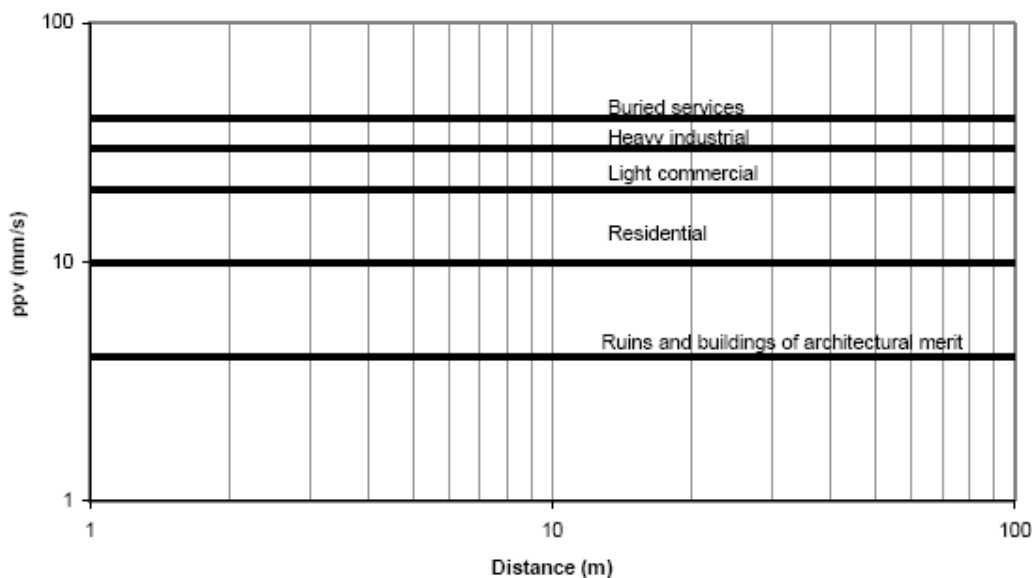


Figura 1-8 Massima vibrazione transiente accettabile per evitare danni strutturali

Si nota che i valori riportati in Figura 1-8 (4 mm/s per edifici sensibili e 10 mm/s per edifici residenziali) sono in linea con quelli riportati in Tabella 1-1 tenendo in considerazione che di norma le vibrazioni indotte dai macchinari sono caratterizzate da frequenze fondamentali superiori ai 10 Hz.

L'analisi delle due figure precedenti mette inoltre in luce come la soglia di rischio per il danno strutturale sia notevolmente superiore alla soglia di disturbo dell'uomo.