

**CAMPAGNA DI MONITORAGGIO
LIVELLI DI VIBRAZIONE
DA TRAFFICO FERROVIARIO**

COMUNE DI MODENA

ANNO 2017

PREMESSA

Al fine di verificare i livelli di vibrazione provocati dal traffico ferroviario, è stato eseguito un monitoraggio in continuo da mercoledì 25 ottobre a venerdì 27 ottobre 2017, all'interno dell'edificio disturbato.

INQUADRAMENTO DELLA ZONA MONITORATA

L'edificio oggetto del monitoraggio è situato in via Malagoli, al civico n.34/1-2 (Foto 3). La facciata prospiciente la linea ferroviaria, nella quale transitano i treni della tratta Milano-Bologna e quelli della linea locale Modena-Sassuolo, si trova ad una distanza minima di circa 25 metri dall'infrastruttura. La misura è stata svolta nel locale reso disponibile dai condomini per le rilevazioni: un solaio, adibito a stenditoio, posto tra il sottotetto e il terzo piano abitato. Il punto di misura è identificato con un punto verde nell'ortofoto (Foto 1) e mostrato in Foto 2; esso si trova ad una distanza di circa 40 metri dalla linea ferroviaria.



Foto 1: Ortofoto dell'area di indagine



Foto 2: Solaio indagato

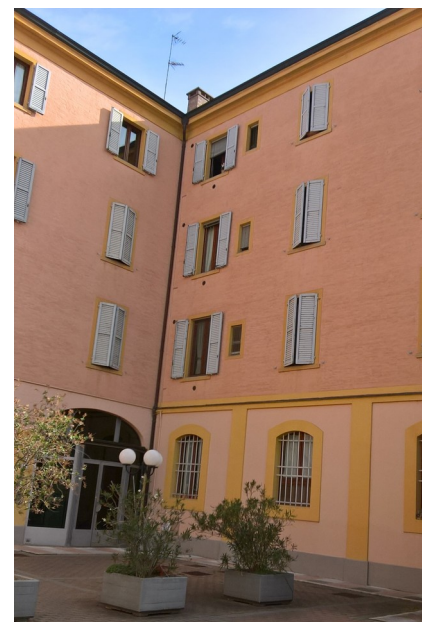


Foto 3: Edificio oggetto di misura

RIFERIMENTI NORMATIVI

- Norma UNI 9614 – Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo (Marzo 1990)¹

¹ L'aggiornamento della norma (settembre 2017) non si applica alle situazioni esistenti o già autorizzate per le quali la data di pubblicazione della norma è posteriore a:

- l'inizio dell'attività della sorgente delle vibrazioni
- l'autorizzazione formale alla costruzione di sorgenti di vibrazioni o manufatti che partecipano ai fenomeni
- la data di modifiche di destinazione d'uso degli edifici e delle opere ove ha sede la generazione di vibrazioni.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Catena di misura delle vibrazioni (conforme alla norma ISO 16063):

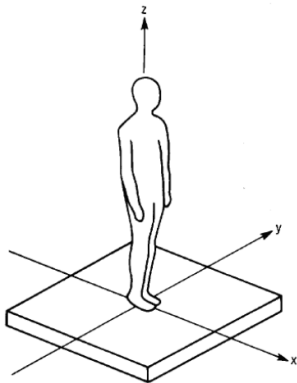
- 1 terna di accelerometri monoassiali KS48C della MMF/01dB (sensibilità 1 V/g)
- Analizzatore di spettro in tempo reale NetdB-DAQ12 della Ditta 01dB con 6 canali attivi
- Calibratore di accelerometri PCB mod. 394M34

Ripresa video del passaggio dei treni:

- Telecamera (modello CCD-186A/80M), con sistema ad infrarossi per riprese notturne
- Registratore digitale per videosorveglianza (modello DVR 440 TAB(S)) per acquisizione eventi video, con modalità "motion detection".

METODOLOGIA DI MISURA

La misura di vibrazioni è stata svolta utilizzando una terna di accelerometri, che sono stati resi solidali al solaio dell'ambiente monitorato attraverso un blocco di metallo, del peso di 2 kg. E' stata seguita la metodologia indicata dalla norma UNI 9614: la terna di accelerometri è stata posizionata, in mancanza di una posizione prevalente del soggetto esposto, al centro della stanza esaminata. L'accelerazione è stata rilevata lungo le tre direzioni ortogonali x,y,z, prendendo a riferimento la postura dal soggetto in piedi, in quanto la stanza è adibita a stenditoio (postura nota). In tal caso, la norma prevede che l'asse z coincida con la direzione verticale. L'asse y è stato invece orientato lungo la direzione della linea ferroviaria e l'asse x perpendicolare ad esso.



Al fine di associare alla vibrazione il passaggio di una convoglio, è stata installata una telecamera, collegata ad un registratore digitale per videosorveglianza, in grado di riprendere il passaggio di tutti i treni con la modalità motion detection. Sullo stesso palo della videocamera è stato inoltre posizionato il microfono di un fonometro, per acquisire in continuo i livelli acustici; questo perché, nel caso di problemi con le registrazioni video, fosse

possibile comunque evidenziare il transito dei treni tramite la traccia acustica. Non è stato necessario elaborare i dati acquisiti dal fonometro.

Di seguito si riportano alcune foto della strumentazione utilizzata.



Foto 4: Videocamera e microfono



Foto 5: Terna di accelerometri



Foto 6: Analizzatore di spettro

RISULTATI DELLE MISURE

Il rilievo di vibrazioni ha avuto inizio mercoledì 25/10 alle ore 11.16 ed è terminato venerdì 25/10 alle ore 11.36; sono stati acquisiti su 3 canali (una terna di accelerometri) i valori di accelerazione ogni 100 ms.

La tabella seguente riassume l'assegnazione dei canali di acquisizione dello strumento agli assi x, y e z nell'ambiente indagato.

	X	Y	Z
Solaio	Canale 1 (Ch1)	Canale 2 (Ch2)	Canale 3 (Ch3)

Poichè gli effetti prodotti dalle vibrazioni sono differenti a seconda della frequenza delle accelerazioni, il valore misurato deve essere ponderato in frequenza, in modo da rendere tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e disturbo. Nel caso in esame sono stati applicati i filtri per postura nota. L'accelerazione ponderata in frequenza (a_w in m/s²) deve essere espressa come accelerazione equivalente, ossia come valore efficace o r.m.s (valore quadratico medio) calcolato su di un determinato intervallo temporale; successivamente può essere trasformata in livello equivalente di accelerazione ponderata (L_{a_w} in dB), grandezza fisica alla quale si farà riferimento per la verifica dei livelli di percezione e di disturbo.

La Figura 1 mostra l'andamento del livello equivalente di accelerazione ponderata mediata su di un intervallo temporale di 1 minuto. Nel grafico vengono evidenziati anche il periodo diurno (7-22) e notturno (22-7) così come definiti dalla norma UNI 9614.

Si osserva che nei canali 1 e 2 (assi x e y) si registrano valori più contenuti di accelerazione rispetto al canale 3 (asse z).

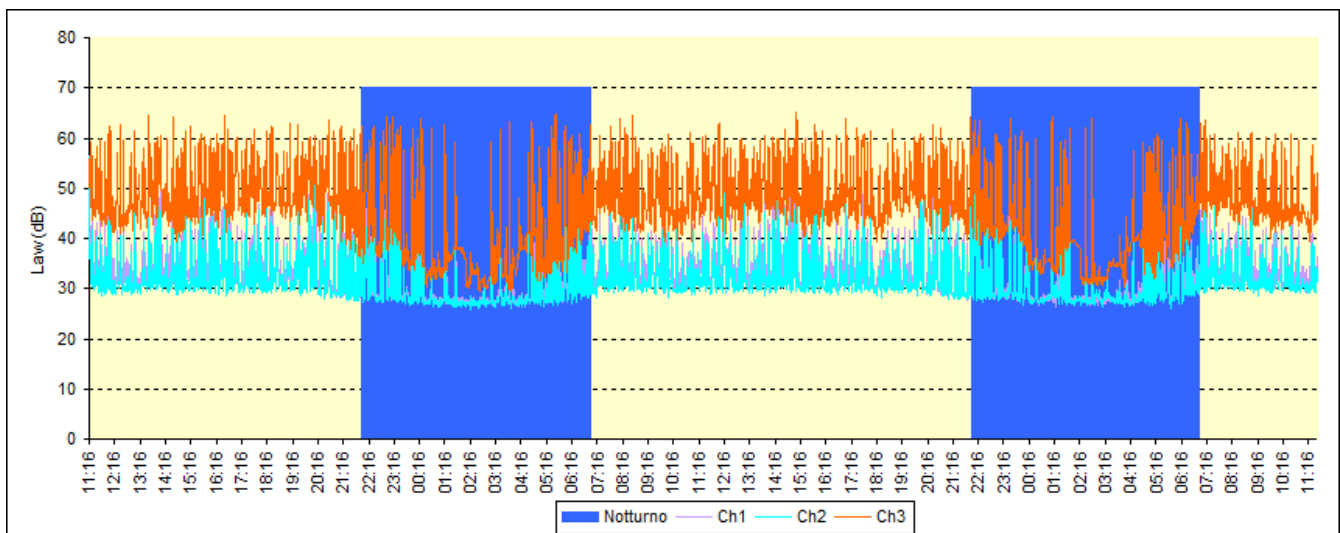


Figura 1: Storia temporale del livello equivalente dell'accelerazione ponderata mediata su di un minuto

Inizialmente sono stati evidenziati tutti gli episodi che, nel tempo di acquisizione dei dati (100 ms), hanno registrato valori superiori alla soglia di percezione, pari a 71 dBA per gli assi x e y e a 74 dBA per l'asse z.

Sono stati riscontrati eventi superiori alla soglia di percezione solo lungo l'asse z; nella tabella seguente vengono riportati quelli determinati dal passaggio di un treno, classificati a seconda della tipologia del convoglio che ha causato la vibrazione (passeggero o merci, oppure concomitanza di entrambi i treni ed eventualmente anche del treno locale della linea Modena – Sassuolo). Gli eventi sono stati conteggiati per fascia oraria (sono state inserite solo le fasce orarie con presenza di eventi).

Numero eventi superiori alla soglia di percezione (74 dB asse z) nel Ch3					
Fascia Oraria	Merci	Passeggeri	Merci + Passeggeri	Merci + Passeggeri + Treno linea Modena - Sassuolo	Totale
0-1	1				1
1-2	2				2
2-3	2				2
3-4	1				1
4-5	1	1			2
5-6	3				3
6-7	2				2
8-9	2				2
9-10	1				1
12-13	4		1		5
13-14	2			1	3
14-15	2				2
15-16	3				3
16-17	1				1
17-18	1				1
18-19		1			1
20-21	2				2
21-22	4	2			6
22-23	1				1
23-24	3	1			4
Totale	38	5	1	1	45

Solo in quattro fasce orarie (7-8, 10-11, 11-12 e 19-20) non sono stati registrati eventi vibratorii potenzialmente percepiti. Nei restanti periodi, le fasce orarie più critiche sono risultate: dalle 21 alle 22 con 6 eventi, dalle 12 alle 13 con 5 eventi e dalle 23 alle 24 con 4 eventi. Emerge che la principale causa delle vibrazioni è rappresentata dal transito dei treni merci (38 eventi su 45 sono determinati da questa tipologia di convogli).

La norma UNI 9614 indica inoltre dei valori di disturbo da vibrazioni, che variano a seconda del periodo del giorno, dell'asse di riferimento e della destinazione d'uso della stanza indagata; quelli previsti per le abitazioni sono di seguito indicati:

	La _w (dB) – Assi x e y	La _w (dB) – Asse z
Giorno (7-22)	77	80
Notte (7-22)	74	77

Per la valutazione del disturbo, la norma prevede che, nel caso di vibrazioni di livello non costante, il valore efficace dell'accelerazione sia calcolato su di un intervallo di tempo rappresentativo del fenomeno: è stato scelto di identificare tale intervallo (indicato nella tabella con "Durata") come quello durante il quale il massimo del fenomeno vibratorio decade di 10 dB; la norma UNI 9614 indica infatti questo valore come la differenza tra vibrazioni totali e vibrazioni residue, oltre la quale non è necessario apportare alcuna correzione alla vibrazione prodotta dalla sorgente esaminata.

Per la valutazione del disturbo è stata esaminata solo la componente z, in quanto lungo x ed y non sono stati registrati eventi percepiti.

Nella tabella seguente sono stati riportati i due eventi percepiti (uno nel periodo diurno ed uno in quello notturno, entrambi determinati dal passaggio di un treno merci) per i quali è stato registrato il più alto livello equivalente di accelerazione ponderata calcolato sulla durata del fenomeno. Per entrambi questi eventi non si osservano superamenti dei valori limite.

Ch3 - Asse z			
Inizio	Durata (sec)	Law (dB) su Durata	Limite (dB)
25/10/2017 14:34	10	69.0	80
26/10/2017 00:46	6	68.4	77

CONCLUSIONI

Pur non esistendo una normativa nazionale in materia di vibrazioni, è stato possibile condurre delle valutazioni facendo riferimento in particolare alla UNI 9614 che fissa dei livelli limite esclusivamente sulla percezione e sul disturbo alla popolazione.

Dall'analisi delle misure sono stati osservati diversi eventi superiori alla soglia di percezione, principalmente dovuti al transito di treni merci.

Per quanto riguarda la valutazione del disturbo, elaborato secondo la UNI 9614 per postura nota, non sono stati identificati eventi con livelli di accelerazione ponderata superiori ai valori di riferimento.