

# **STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO E VIBRAZIONALE NELLA REALIZZAZIONE DI INFRASTRUTTURE VIARIE E FERROVIARIE**

Lamberto Tronchin (1), Angelo Farina (2), Valerio Tarabusi (1)

1) D.I.E.N.C.A. – C.I.A.R.M., Facoltà di Ingegneria, Università di Bologna

2) D.I.I., Facoltà di Ingegneria, Università di Parma

## **1. Introduzione**

La realizzazione di insediamenti industriali necessita oramai di notevoli studi di impatto ambientale riguardanti svariati aspetti fisici quali l'inquinamento delle acque, dell'aria, l'inquinamento elettromagnetico, il dissesto idrogeologico. La componente acustica e vibrazionale viene anch'essa normalmente analizzata, specie qualora si prevede la realizzazione di infrastrutture di trasporti particolarmente impattanti, quali strade a grande capacità, tratti ferroviari o scali merci ferroviari.

Il territorio della Romagna presenta una forte vocazione alle colture agroalimentari, agli allevamenti e alle trasformazioni industriali dei prodotti alimentari, oltre ad alcune realtà produttive di diverso tenore ma ugualmente notevolmente radicate nel territorio. L'esigenza di potenziare le connessioni col resto nel territorio nazionale ed europeo ha condotto alla progettazione di un nodo di interscambio da collocarsi nell'area compresa tra Forlì e Cesena. Esso è caratterizzato quindi dalla contemporanea presenza di infrastrutture stradali e ferroviarie, con conseguenti problematiche ambientali, relative anche al rumore e alle vibrazioni, che devono essere valutate e contenute.

## **2. Misurazioni sperimentali**

Allo scopo di effettuare uno studio di impatto ambientale acustico e vibrazionale indotto dalla realizzazione delle infrastrutture, sono state effettuate misurazioni del livello di rumore e di vibrazioni secondo le normative vigenti (DM 16-3-1998, UNI 9614).

Le misurazioni, finalizzate alla taratura del modello previsionale, sono state condotte in prossimità della linea ferroviaria Bologna-Rimini, in corrispondenza del passaggio di alcuni convogli ferroviari. La strumentazione (fonometro BK 2260;

accelerometri BK 4321 e 4369) è stata interfacciata ad un registratore digitale (Teac RD-101T), allo scopo di poter effettuare post processing in laboratorio.

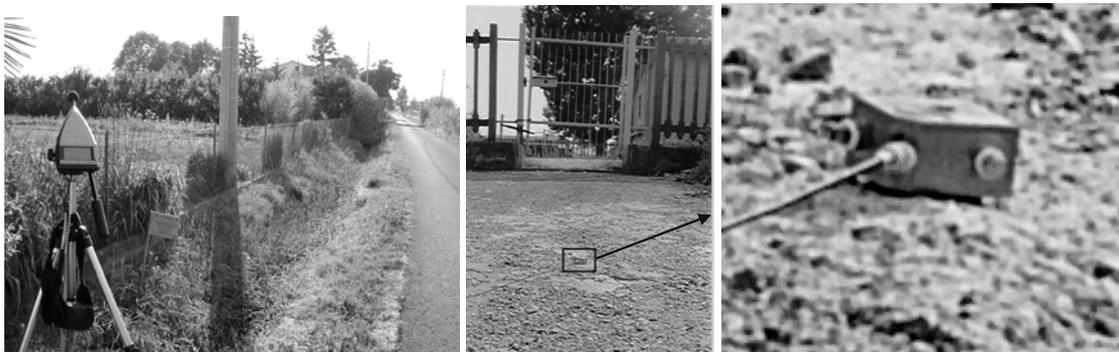


Figura 1 – Sopra: misure di rumore e vibrazioni

### 3. Simulazioni numeriche

#### 3.1 Rumore

Per effettuare le valutazioni previsionali del rumore indotto, sulla base dei sistemi cartografici forniti, è stato realizzato un modello numerico delle varie infrastrutture viarie e ferroviarie previste, mediante l'impiego del codice *Citymap*, rivelatosi molto preciso nella fase di modellazione delle sorgenti e della propagazione del rumore nelle zone adiacenti alle sorgenti stesse. Il modello è stato quindi tarato sulla base dei rilievi sperimentali. In seguito alla simulazione delle sorgenti di rumore di progetto, fornite dalle Autorità competenti, lungo le linee ferroviarie e viarie, sono emersi valori di livello equivalente superiori sia nel periodo diurno che in quello notturno in alcune aree limitrofe, sia all'interno dell'area di pertinenza ferroviaria, sia all'interno di aree per le quali è in vigore la zonizzazione acustica. Pertanto sono state previste alcune barriere acustiche collocate ai margini della zona competente alle infrastrutture. I risultati di progetto, con l'inserimento delle opere di mitigazione, sono riportati nella figura 3.

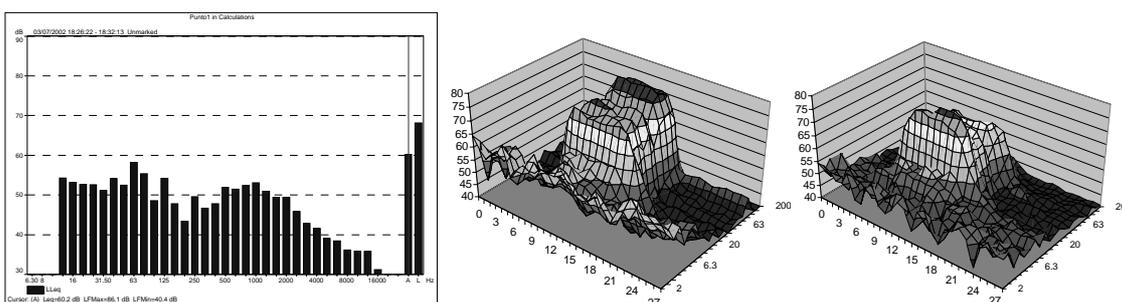


Figura 2 –Spettro del rumore e multispettri delle vibrazioni a 15 e 30 metri al passaggio di un ETR500

#### 3.2 Vibrazioni

La contemporanea presenza di strade e ferrovie ha indotto di effettuare un contestuale studio di impatto relativo anche alle vibrazioni prodotte dal passaggio dei convogli.

L'attenuazione delle onde di compressione, taglio e superficie, può esprimersi con la seguente formula (8).

$$(1) \quad a(d, f) = a(d_0, f) \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^n \cdot e^{-2\pi \cdot f \cdot \eta / c \cdot (d-d_0)}$$

dove  $\eta$  rappresenta il fattore di perdita del terreno,  $c$  la velocità di propagazione,  $f$  la frequenza,  $d$  la distanza, e  $d_0$  la distanza di riferimento a cui è noto lo spettro di emissione, assunta pari a 5m. L'esponente  $n$  normalmente varia tra i valori 0.5 e 2, a seconda del tipo di onda e soprattutto della sorgente di vibrazione.



Figura 3 – Area di intervento, e ipotesi di progetto con opere di bonifica (caso diurno)

Ad essa va aggiunta l'espressione del fattore di attenuazione delle onde che si propagano in terreni a diversa impedenza meccanica (che dipende dalla densità del terreno), espresso da:

$$(2) \quad F_r = \frac{1 + \frac{\rho_2 \cdot c_2}{\rho_1 \cdot c_1}}{2}$$

Il modello ora espresso è utilizzabile su terreni liberi. La presenza di edifici provoca una attenuazione o amplificazione della vibrazione, a seconda del tipo di fondazione, ricavabile da curve empirico-sperimentali.

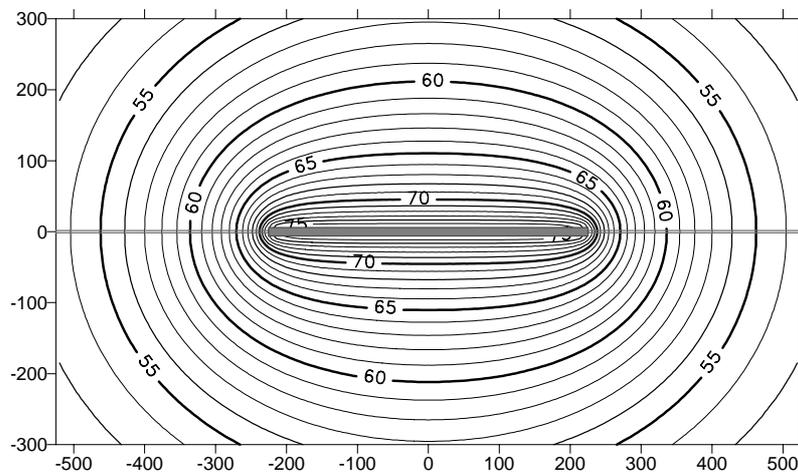


Figura 4 – Mappa dei livelli di accelerazione previsti per un convoglio ferroviario

Nel caso analizzato si tratta di edifici di limitata altezza, pertanto non sono stati considerati nel modello. Il valore complessivo del livello di vibrazione previsto, si ottiene, infine, secondo quanto espresso dalla norma ISO 9614.

Le misurazioni di vibrazione condotte sul passaggio di alcuni convogli effettuate hanno consentito la taratura del modello previsionale di calcolo della propagazione delle onde nel terreno, dimensionando accuratamente lo spettro di emissione delle accelerazioni, e considerando il terreno appartenente alla classe geomorfologica G2 ( $\eta = 0.066$ ;  $v = 800$  m/s), sono state ottenute alcune curve isolivello di vibrazione, come riportato nella figura 4.

#### **4. Commenti e conclusioni**

Lo studio di impatto ambientale relativo a rumore e vibrazione ha evidenziato un livello di criticità ambientale soprattutto in relazione alla propagazione del rumore, che ha richiesto il dimensionamento di alcuni dispositivi di protezione dal rumore lungo l'area interessata dall'insediamento. La propagazione delle vibrazioni, al contrario, è risultata attenuata dalle particolari caratteristiche geomorfologiche del terreno, e limitata, inoltre, dall'assenza di costruzioni ad uso civile e/o industriale che potessero amplificare il livello di vibrazioni percepito.

Lo studio della cantierizzazione ha invece evidenziato una maggior criticità relativa alla propagazione delle vibrazioni, per effetto delle numerose macchine movimento terra previste durante lo svolgimento dei lavori.

#### **5. Bibliografia**

- 1) Farina, A., Tonella, I., *Impiego di modelli previsionali innovativi per la valutazione del rumore stradale e ferroviario in aree urbane* Atti del Convegno Nazionale AIA 1999, Genova, 2-4 giugno 1999.
- 2) Bertellino, F., Licitra, G., *I modelli previsionali per il rumore da traffico stradale* Atti del Convegno Traffico e Ambiente, Trento, 2000
- 3) Scarano, P., *Origine, propagazione e modelli previsionali del rumore ferroviario* Atti del Convegno Traffico e Ambiente, Trento, 2000
- 4) UNI 9916 *Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici*, Novembre 1991
- 5) UNI 9614 *Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo*, Marzo 1990.
- 6) Pompoli R., Farina A., Fausti P., Bassanino M., Invernizzi S., Menini L., *Intercomparison of traffic noise computer simulations*, Atti del Convegno Nazionale AIA - 18<sup>th</sup> AICB, Bologna, 12-14 settembre 1995
- 7) Athanasopoulos G.A., Pelekis P.C., Anagnostopoulos G.A. *Effect of soil stiffness in the attenuation of Rayleigh-wave motions from field measurements* Soil Dynamics and Earthquake Engineering 19, 2000
- 8) Dong-Soo Kim, Jin-Sun Lee *Propagation and attenuation characteristics of various ground vibrations* Soil Dynamics and Earthquake Engineering 19, 2000