Come vanificare l'isolamento acustico

Andrea Cerniglia

(a.cerniglia@euroacoustic.com)

Questo articolo, dal titolo forse un poco audace, si prefigge il duplice scopo di introdurre una tecnica di avanguardia per lo studio delle vie di passaggio del rumore, e di mettere in evidenza come alcuni dettagli apparentemente insignificanti, possano vanificare gli sforzi operati per ottenere un buon isolamento acustico. Le misure di seguito illustrate sono state ottenute impiegando un sistema particolarmente avanzato, denominato NoiseVision, il quale consente di 'visualizzare' il rumore proveniente da tutte le direzioni intorno al trasduttore di misura, sullo schermo di un PC. Detto sistema, mostrato in figura 1, è costituito da uno speciale trasduttore con 31 microfoni e 12 telecamere, collegato ad un front-end, e quindi ad un PC per la elaborazione e la rappresentazione dei risultati.

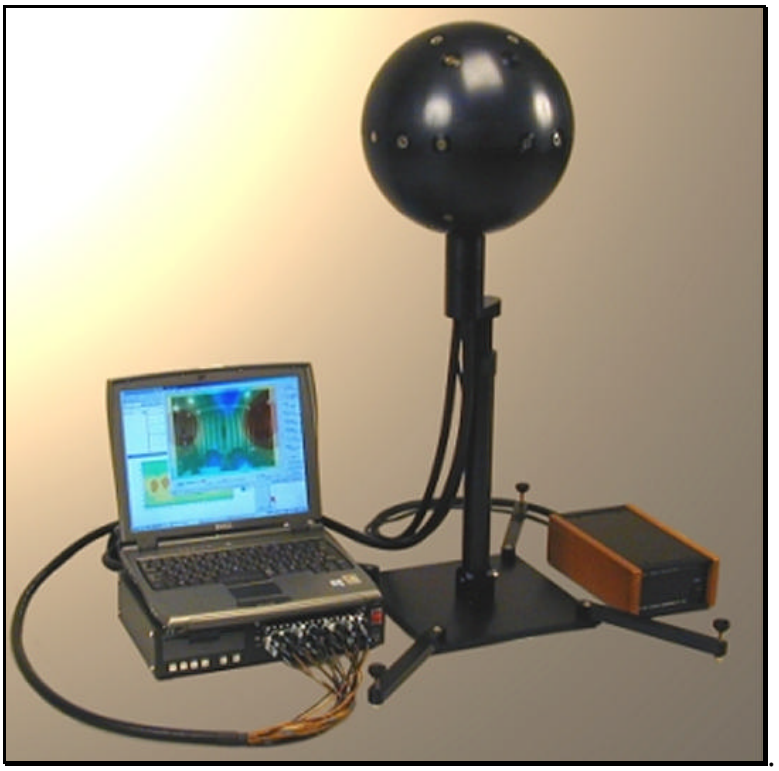

Figura 1: il sistema di misura

La tecnica impiegata, denominata 'beamforming', consente di ottenere, in tempi estremamente brevi, una mappa acustica relativa alla zona analizzata, sovrapposta all'immagine fotografica dell'area stessa. Grazie a questo tipo di rappresentazione è quindi possibile 'vedere' il rumore, e procedere di conseguenza all'identificazione delle direzioni di provenienza dello stesso. Il sistema impiegato per le misure, con un'unica acquisizione, consente di rappresentare la mappa acustica in qualsiasi direzione dello spazio, con evidente notevole risparmio di tempo, e raccolta di maggiori e più precise informazioni relative al caso in esame. Con la tecnica beamforming risulta quindi possibile 'visualizzare' i punti di passaggio del rumore dovuti a fessure, ponti acustici ed altre amenità, in modo rapido ed efficace. Le mappe acustiche generate dal sistema possono essere calcolate sia per ogni banda di ottava o terzo di ottava, sia a banda stretta (FFT), sia per intervalli di frequenza definibili a piacere. Con questo sistema, facilmente trasportabile ed estremamente compatto, il tempo necessario per una acquisizione, dall'assemblaggio del sistema stesso fino alla

visualizzazione di mappe acustiche come quelle rappresentate oltre, non richiede più di quindici minuti. Il principio su cui si basa la tecnica beamforming è, almeno nella sua essenza, relativamente semplice. La figura 2 mostra uno schema semplificato di uno schieramento microfonico lineare composto da un numero limitato di microfoni. Nel caso in cui un'onda (che per semplicità immaginiamo piana) giunga perpendicolarmente allo schieramento di microfoni (a), questa viene vista con la stessa fase da tutti i trasduttori e quindi la somma dei segnali degli stessi ripropone fedelmente l'onda incidente; nel caso invece in cui l'angolo risulti diverso da 90° (b), la differente fase con cui viene vista l'onda dai vari microfoni genera una somma 'attenuata' rispetto alla precedente, e dipendente dall'angolo incidente; introducendo dei 'ritardatori' appositamente calcolati (ovviamente diversi per ogni microfono e per ogni frequenza analizzata), tra il singolo trasduttore ed il 'sommatore', risulta quindi possibile orientare 'virtualmente' lo schieramento al fine di ottenere una somma in fase, per direzioni diverse da quella perpendicolare (c).
In definitiva risulta quindi possibile, senza muovere fisicamente alcunché, orientare 'virtualmente' il trasduttore direzionale ottenuto come combinazione di più microfoni, semplicemente operando appositi calcoli che simulino specifici ritardi sui segnali digitalizzati provenienti dei diversi microfoni, e combinando opportunamente i dati così ottenuti. Il principio appena descritto può essere applicato anche ad array microfonici bidimensionali, o ad array microfonici posti nello spazio. Grazie alla possibilità di 'orientare' per mezzo di calcoli il trasduttore direzionale ottenuto, risulta possibile misurare rapidamente il rumore proveniente da diverse direzioni per calcolare conseguentemente la mappa acustica per mezzo di interpolazioni tra le diverse direzioni misurate. Benché il principio su cui si basa la tecnica sia come già detto concettualmente semplice, l'implementazione reale dell'algoritmo di calcolo che realizza quanto sopra, è tuttavia molto complesso a causa della necessità di ottenere ritardi diversi in funzione delle varie direzioni, delle frequenze considerate, e della posizione dei microfoni, ma questo per fortuna non è un problema che riguarda l'utilizzatore del sistema.

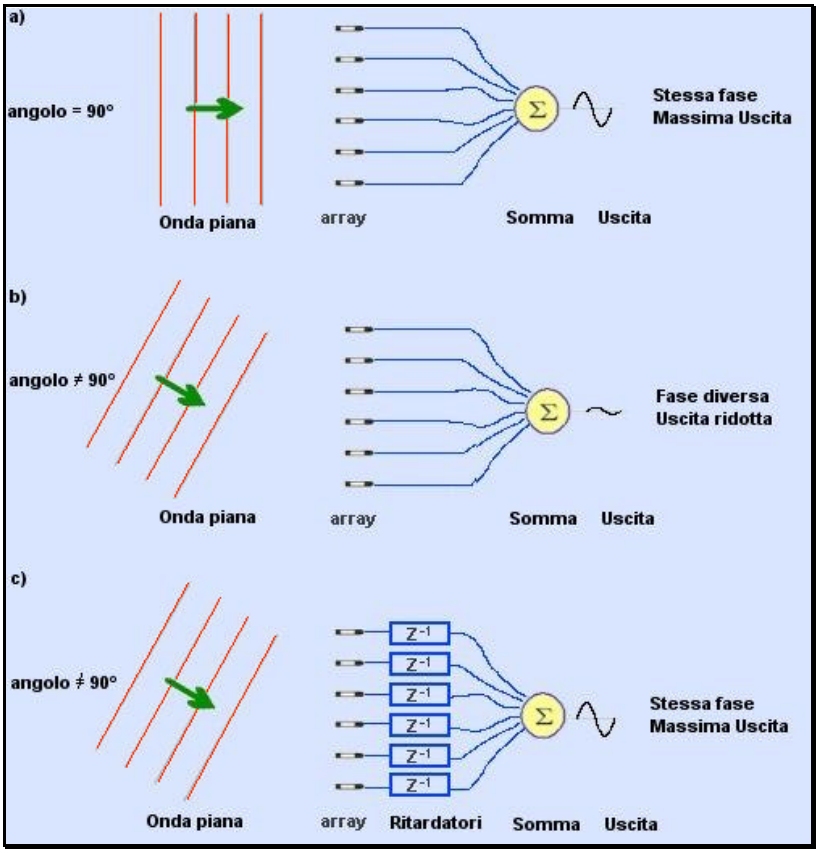

Figura 2 – Principio di funzionamento

Le prime misure mostrate sono relative ad una porta che chiude un ambiente all'interno del quale è presente una sorgente sonora. La figura 3 mostra il posizionamento del trasduttore di fronte alla porta in esame.

Figura 3: posizionamento del trasduttore

La figure 4, 5 e 6 mostrano in sequenza le mappe acustiche ottenute con il sistema, in banda di 1/1 ottava, rispettivamente a 1000Hz, 2000Hz e 4000Hz. Le scala cromatica è stata mantenuta invariata nelle tre mappe e si estende da 40dB (colore blue) a 56 dB (colore rosso). Dalle mappe è possibile vedere chiaramente come, per le bande di frequenza di 2000 Hz e 4000 Hz, vi siano emissioni di rumore dall'interno dell'ambiente che contiene la sorgente sonora.

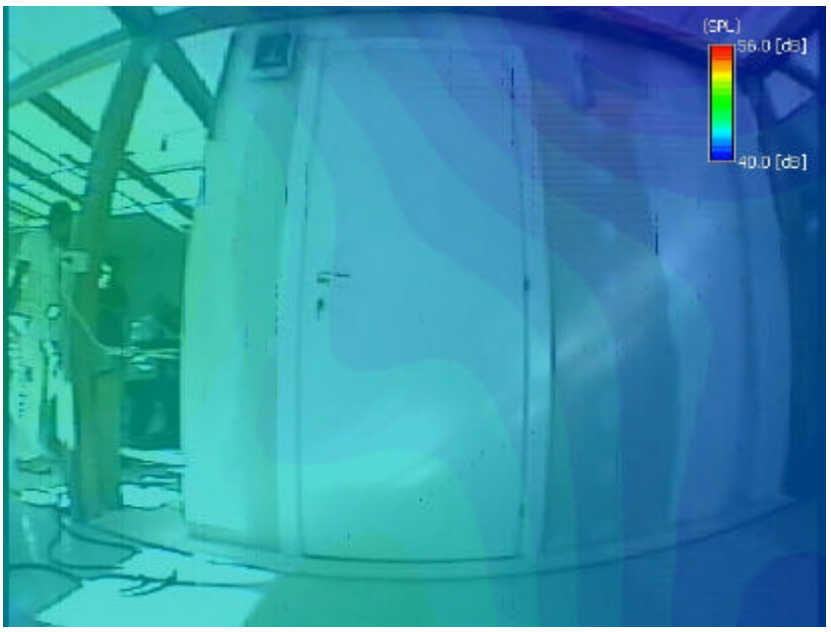

figura 4: mappa acustica a 1000Hz

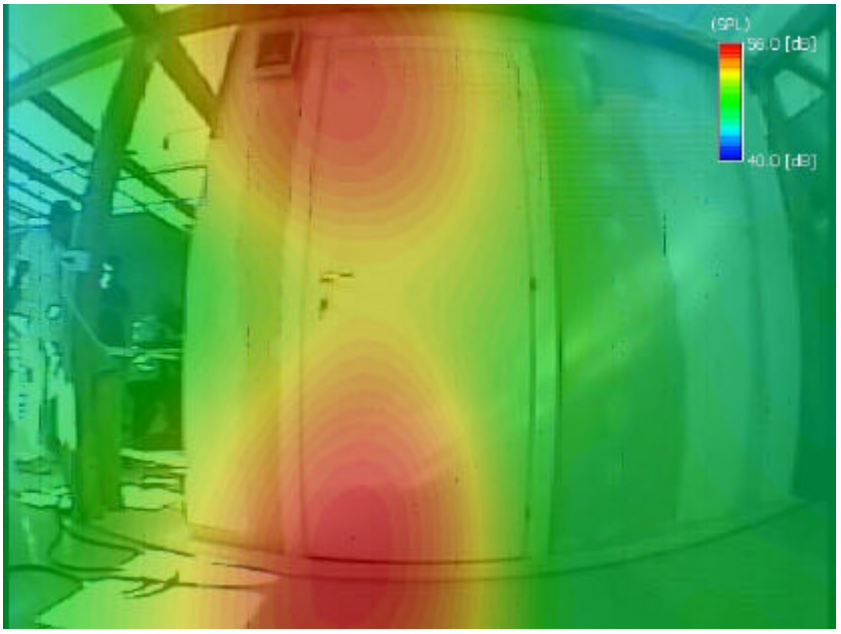

figura 5 mappa acustica a 2000Hz

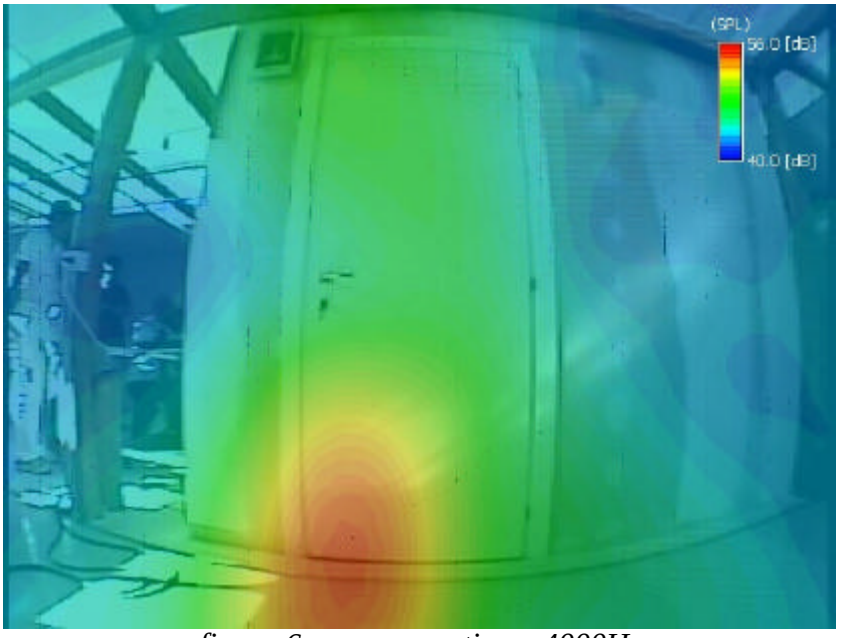

figura 6 mappa acustica a 4000Hz

La figura 7 mostra due particolari ingranditi della porta, che sono certamente connessi con la problematica riscontrata. Nei due punti evidenziati è infatti possibile notare l'introduzione attraverso la porta di altrettanti fili elettrici che, se pur di piccole dimensioni, hanno creato i presupposti per il passaggio del rumore alle specifiche bande di frequenza.

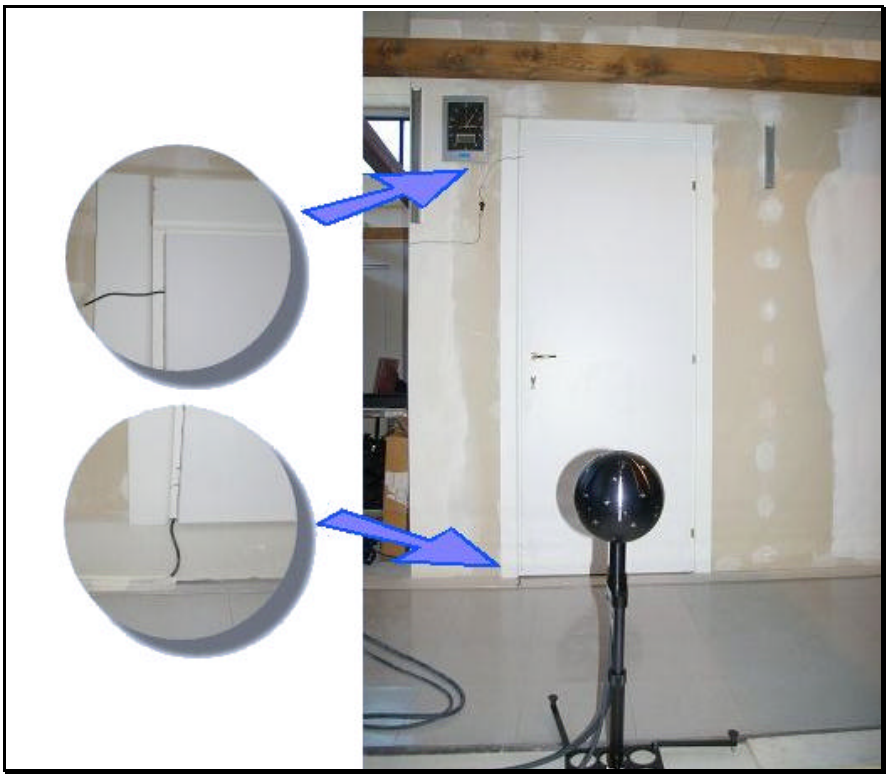

Figura 7: particolare punti di passaggio del rumore

Per comprendere meglio cosa è accaduto nel caso esaminato, la figura 8 mostra un ingrandimento della guarnizione della battuta della porta, che si è deformata a causa del passaggio del filo, consentendo quindi il passaggio del rumore.

Figura 8, guarnizione deformata.

La figura 9 è invece relativa ad una parete divisoria tra uffici, e mostra lo speciale trasduttore in opera, ed il dodecaedro allocato nel locale adiacente. La figura 10, mostra la mappa acustica calcolata alla frequenza di 4000Hz, ed un particolare della parete divisoria, relativo alla zona di passaggio del rumore individuato dalla mappa.

Figura 9, parete divisoria di un ufficio.

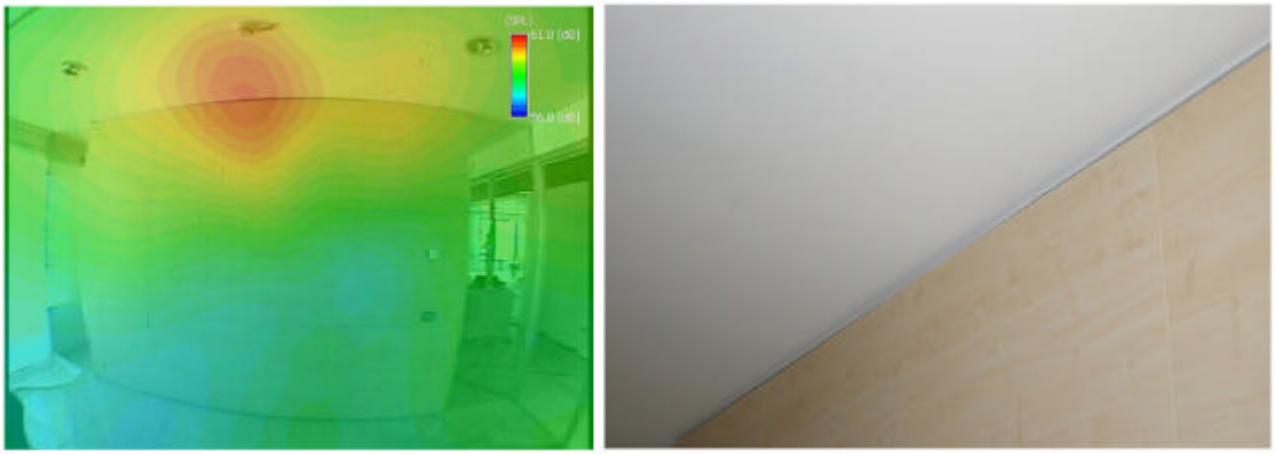

Figura 10, mappa e particolare della parete divisoria relativa alla zona di passaggio del rumore.

La figura 11, sempre relativa allo stesso ufficio, mostra invece la mappa acustica realizzata su una porta a vetri alla frequenza di 4000Hz.

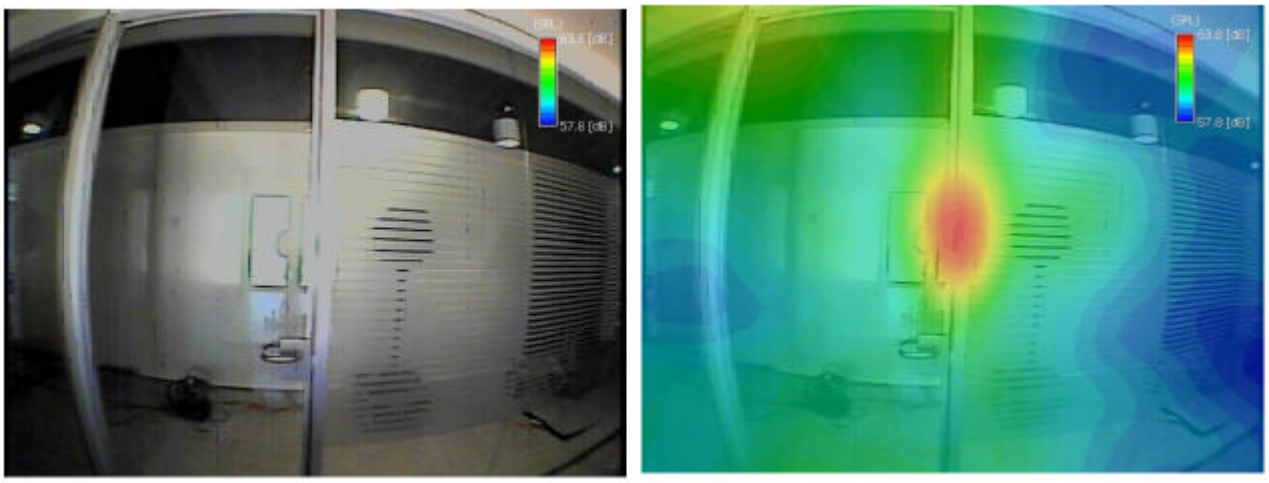

Figura 11, foto della porta a vetri e mappa che evidenzia la zona di passaggio del rumore.

Dalle misure di cui sopra emerge chiaramente come piccoli dettagli possono dare luogo a certamente meno piccoli problemi, anche a frequenze talvolta considerate elevate per destare preoccupazione, e come la tecnica impiegata abbia consentito di individuare rapidamente le cause dei suddetti problemi. La tecnica beamforming può essere impiegata con successo anche nell'individuazione delle diverse sorgenti di rumore presenti nei macchinari, in ambiente industriale, o in ambiente di vita. La figura 12 mostra una misura effettuata all'interno di un motodromo, mentre la figura 13 mostra la vista a complessiva tutta intorno al trasduttore (12 telecamere), e la figura 14 mostra un particolare di due telecamere, che ha permesso di evidenziare una seconda sorgente di rumore estranea al motodromo stesso.

Figura 12: mappatura all'interno di un motodromo

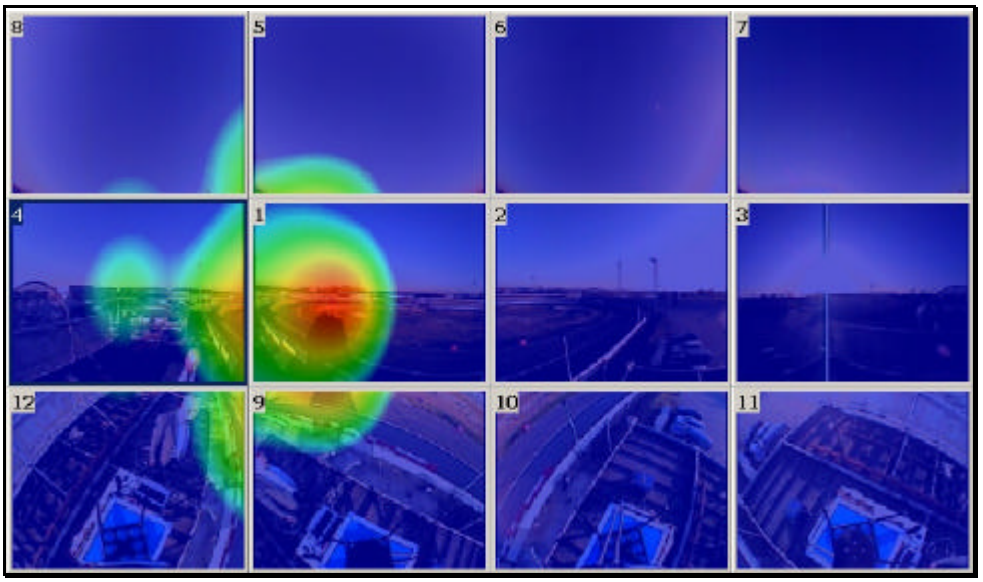

Figura 13: vista d'insieme delle 12 telecamere del sistema nel motodromo

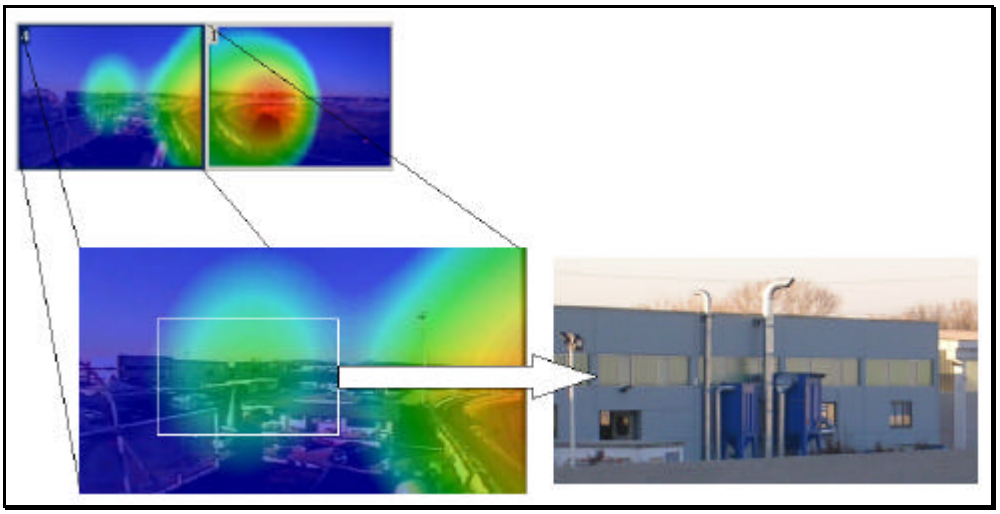

Figura 14: sorgente secondaria che si somma al passaggio delle moto sulla pista

La figura 15 è invece relativa ad un ambiente industriale: dall'immagine è possibile identificare la riflessione sul soffitto di un capannone, dovuta ad un macchinario che movimenta del materiale ferroso. L'immagine rende immediatamente comprensibile come, nel caso specifico, un intervento con adeguato materiale fonoassorbente sul soffitto dell'ambiente, possa risolvere il problema della rumorosità che viene percepita per effetto della riflessione del rumore sul soffitto stesso del capannone.

Figura 15: misura in ambiente industriale

Tra le varie possibilità offerte dal sistema vi è anche la generazione di mappe dinamiche (animazioni che mostrano l'evoluzione della mappa acustica nel tempo, ad esempio per effetto di un fenomeno non stazionario), e la possibilità di ascoltare selettivamente il rumore che perviene al trasduttore da una particolare direzione selezionabile dall'utente con un semplice click del mouse.

Riferimenti bibliografici:

Kazuhiro Takashima, Hiroshi Nakagawa, Natsu Tanaka, Daiki Sekito
Impulse response measurement system and its recent applications
J. Acoust. Soc. Am. Vol. 120 No 5, pt. 2, pp. 3226 - (2006).

Andrea Cerniglia, Paolo Vanzo, Teresio Valente, Alberto Costa
Identificazione delle sorgenti sonore con la tecnica Beamforming
Atti 4a Convention nazionale dei responsabili dell'igiene e sicurezza negli ambienti di lavoro
Modena, Ottobre 2006

G. Brambilla, F. Lo Castro, A. Cerniglia, P. Verardi
Visualizzazione 3D del campo acustico mediante sistema ad array microfonico sferico
Atti 34° Convegno AIA, Associazione Italiana di Acustica
Firenze, Giugno 2007

Anna Magrini, Andrea Cerniglia, Mariagiovanna Lenti
New techniques for the noise pollution monitoring of moving sources.
Application to motorbikes in a race-track.
36th International Congress on Noise Control Engineering proceedings
Istambul, Turkey, August 2007

Andrea Cerniglia, Mariagiovanna Lenti
Noise sources investigation by beamforming method
Elpit 2007 proceedings
Togliatti, Russia, September 2007