



Bonifica acustica/1

La tecnica intensimetrica per caratterizzare le sorgenti sonore

■ di **Giuseppe Starace**, *Professore aggregato di Fisica Tecnica*, **Sergio Scardia**, *Docente a contratto di Fisica Tecnica Ambientale* e **Lorenzo De Pascalis**, *Dottorando di ricerca in Sistemi Energetici e Ambiente - dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione, Università del Salento*

Per la bonifica acustica di un capannone industriale, adibito alla tessitura di reti in polietilene, al fine dell'adeguamento alle prescrizioni del D.Lgs. n. 81/2008 in materia di rumore negli ambienti di lavoro, è descritto il metodo di progettazione degli interventi basato su rilevazioni in situ di natura intensimetrica e sulla modellazione software dell'ambiente acustico. È descritta la rilevazione con tecnica intensimetrica della potenza acustica e della sua direttività per il telaio tipo contenuto nel capannone del sito produttivo.

Con rilievi intensimetrici sono stati individuati il livello di potenza sonora emessa e la direttività del telaio "tipo" contenuto all'interno del capannone adibito alla tessitura di reti in polietilene oggetto di analisi. I dati rilevati hanno costituito la fonte di calibrazione del modello acustico del sito basato su algoritmi *ray-tracing*.

Il modello è in grado di giungere alla determinazione del livello equivalente continuo di pressione sonora ponderato in scala A all'interno del capannone, poi oggetto di validazione fonometrica in sei posizioni di controllo. Lo strumento *software* ha consentito di progettare e realizzare l'intervento di bonifica, contribuendo a dimensionare e posizionare, compatibilmente con stato dei luoghi ed esigenze produttive, assorbitori covibranti sulle pareti verticali.

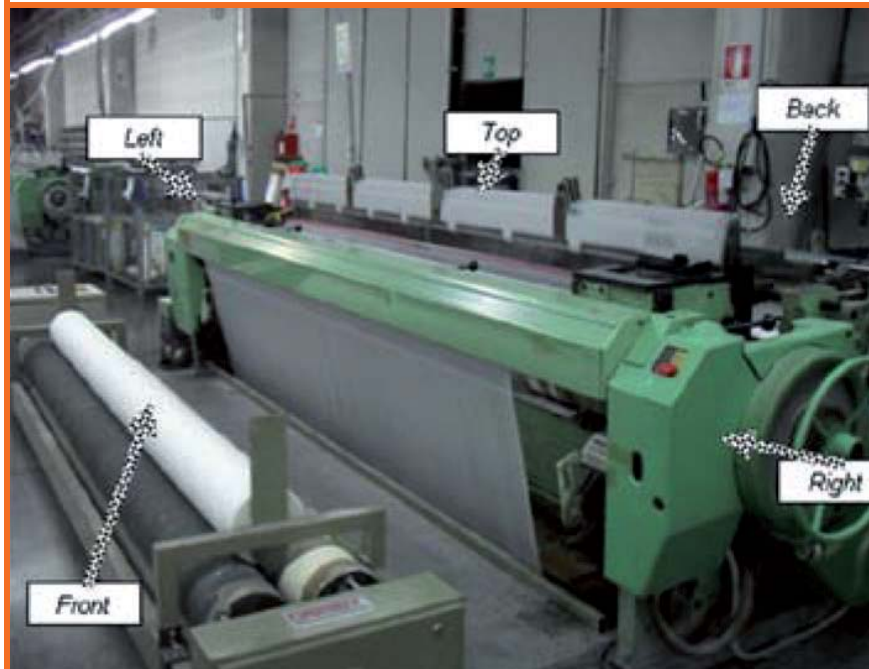
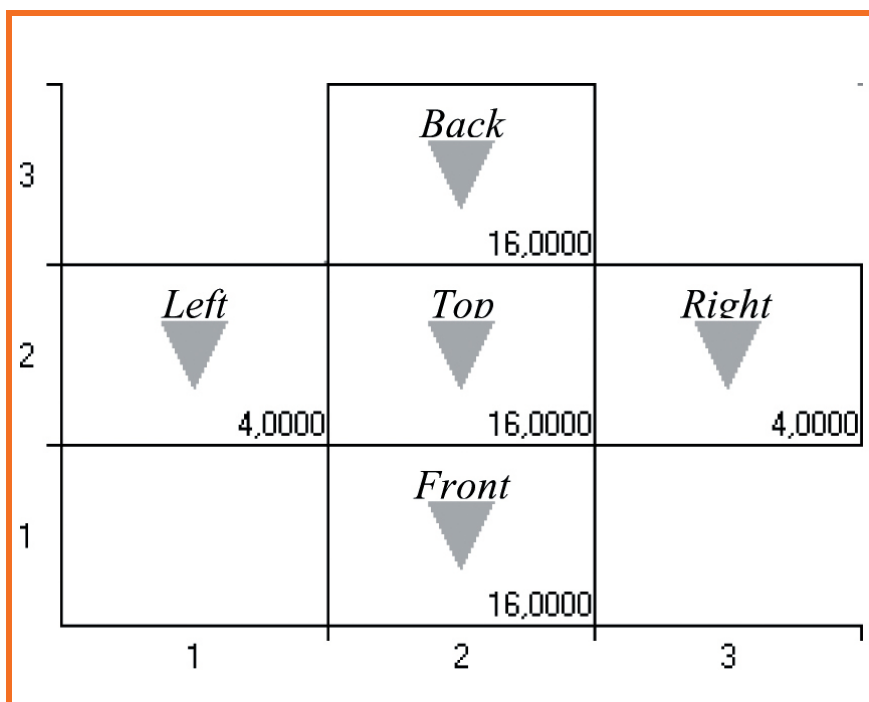
Al compimento dei lavori di bonifica, una seconda serie di rilevazioni fonometriche ha confermato l'efficacia degli interventi proposti e il raggiungimento dei livelli acustici previsti dalla legge.

Questa prima parte della memoria descrive la metodologia d'indagine acustica adottata e riporta i risultati raggiunti nella caratterizzazione intensimetrica di un telaio industriale a intreccio piano (telaio piano) per la produzione di reti in polietilene.

La campagna sperimentale è stata condotta secondo la norma UNI EN ISO 9614-2^[1] che definisce le modalità di misura del livello di potenza sonora di una sorgente e di determinazione della sua direttività spaziale^[2] attraverso un procedimento di scansione di superfici

[1] UNI EN ISO 9614-2:1997, «Determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti di rumore mediante metodo intensimetrico - Misurazione per scansione».

[2] Per maggiori informazioni in materia si vedano, di B. Forssen, M.J. Crocker, *Estimates of Acoustic Velocity, Surface Velocity and Radiation Efficiency by using the Two-Microphone Technique*, Journal of Acoustical Society of America, 1983, 73, pag. 1042 e di D. Gužas, E. Jotautienė, *Estimation of Sound Power of Centrifugal Machines based on Sound Intensity Measurements*, Ultragarsas, 1999, 31(1), pag. 28.



▲ Figura 1 - Superfici che circondano il telaio piano

piane d'involuppo della stessa sorgente. Questi i vantaggi della metodologia^[3]:

- il grado di precisione raggiunto

non è funzione delle caratteristiche della sorgente, né dell'ambiente di prova;

- i protocolli di rilievo che permettono di ottenere valori accettabili

dell'incertezza delle misure sono meno impegnativi rispetto ad altre metodologie;

- non sono necessari grandi e costosi apparati di prova anche quando è richiesto un elevato grado di precisione;
- è possibile ottenere risultati accurati anche in presenza di livelli elevati di rumore residuo generato da sorgenti diverse da quelle allo studio.

Condizioni di rilievo e descrizione del metodo di misura

L'ambiente che conteneva il telaio piano (unica fonte di rumore durante le misure) durante la campagna sperimentale aveva dimensioni ampiamente superiori a quelle del macchinario.

La temperatura dell'aria era di 22°C e l'umidità relativa pari al 90%. Il fonometro analizzatore era capace di eseguire una misura in ossequio alla norma ISO 9614-2 ed era dotato di un sonda *p-p* faccia-a-faccia con distanziatore da 12 mm.

Attorno al telaio oggetto di analisi restava individuata una superficie chiusa suddivisa in 5 parti denominate, in funzione della loro posizione, *front*, *back*, *left*, *right* e *top*. Ognuna di esse era ulteriormente suddivisa in *sub*-superfici (12 per le superfici *back*, *top* e *front* e 4 per le superfici *left* e *right*).

Su queste ultime il livello di potenza sonora era rilevato muovendo la sonda intensimetrica secondo due percorsi (perpendicolari tra loro) a velocità costante. Il tempo totale della singola misurazione era di circa 40s (20s per singolo percorso). L'operatore aveva cura di assumere posizione laterale rispetto alla son-

[3] Per approfondimenti sull'argomento si vedano, di F.J. Fahy, *Sound Intensity*, 2nd edition, Elsevier Applied Science, Londra (UK), 1989; J.F. Burger, G.J.J. Van der Merwe, B.G. Van Zyl, L. Joffe, *Measurement of Sound Power Determination*, Journal of Acoustical Society of America, 1973, 57, pag. 682 e di R.M. Lazzarin, F. Castellotti, *Misura della potenza sonora di una centrale termica mediante tecnica tradizionale ed intensimetrica*, Atti del convegno AICARR, Il condizionamento dell'aria e il rumore nell'ambiente esterno, pag. 95, Padova/Bari/Catania (Italia), 2004.

da per non influenzare la distribuzione spaziale del campo acustico.

Risultati: livello di potenza sonora della sorgente

Il valore della potenza sonora prodotta dal telaio piano deve verificare i criteri di controllo previsti dalla norma, in termini di adeguatezza dell'apparecchiatura utilizzata e della griglia di misurazione adottata, nonché in termini della coerenza, significatività e ripetibilità della misura.

Il superamento positivo dei criteri imposti dalla norma aveva condotto alla stima della potenza sonora emessa dal telaio piano. Questo emetteva un livello di potenza sonora pari a

$$L_W = 107.6 \pm 1.5 \text{ dB(A)}$$

con livello di confidenza del 95%, secondo la norma ISO 9614-2.

Nella *figura 2* è illustrata la distri-

buzione in frequenza (in bande di terzi d'ottava) di L_W . Il rumore era maggiormente concentrato alle medie e alte frequenze, con un calo accentuato alle basse.

Risultati: la mappatura superficiale dei livelli di potenza sonora locale

Il valore complessivo di L_W rappresenta esclusivamente la media ponderata dei livelli di potenza acustica rilevati su ogni sotto-superficie secondo cui è stata suddivisa la superficie che racchiude la sorgente. Per questo motivo non dà modo di conoscere quale parte o componente della stessa abbia contribuito maggiormente a determinarlo^[4].

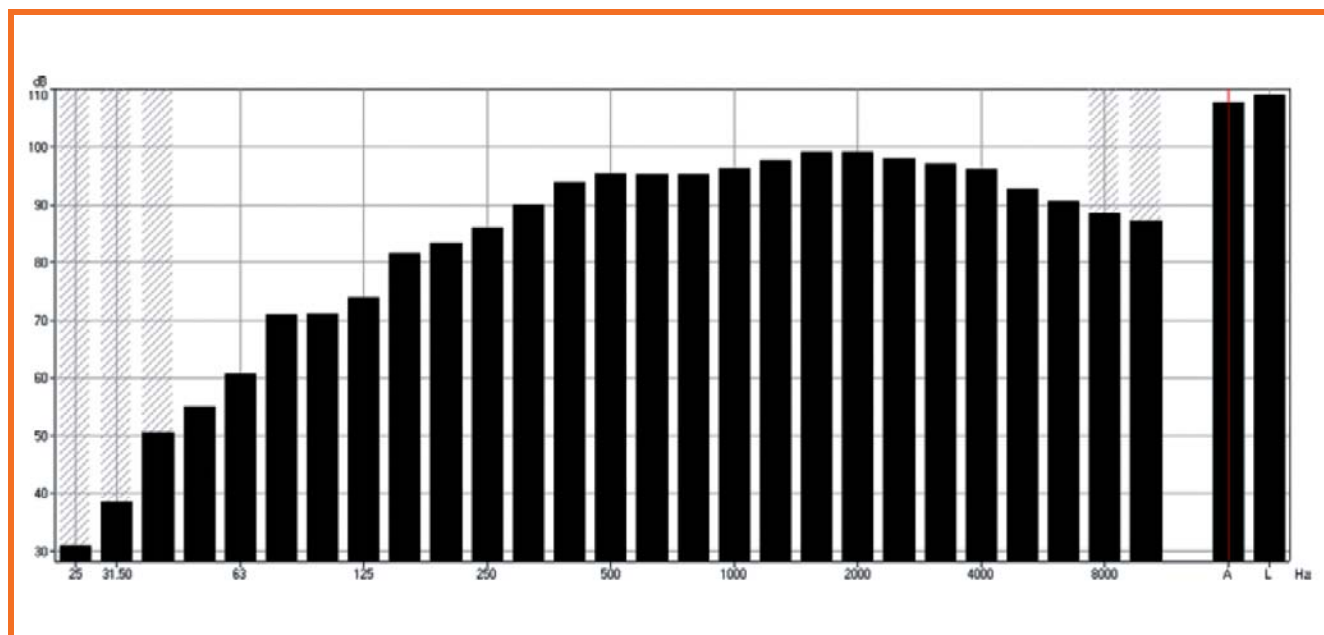
La mappatura dei livelli di potenza sonora misurati localmente su ognuna delle sotto-superfici rende possibile risalire, invece, a questa informazione. I valori rilevati (trattati secondo il metodo stati-

stico di Kriging - metodo di regressione che permette di predire un valore del livello di potenza sonora nello spazio riducendo al minimo l'errore quadratico medio) sono rappresentati dalle *figure* da 3 a 7 secondo mappe superficiali di potenza sonora. Tutti gli intervalli indicati sono espressi in dB(A).

Quanto rappresentato informa sul fatto che i massimi livelli di potenza sono emessi attraverso le superfici *top* e *left* per effetto del funzionamento del sistema di guida della spoletta di tessitura.

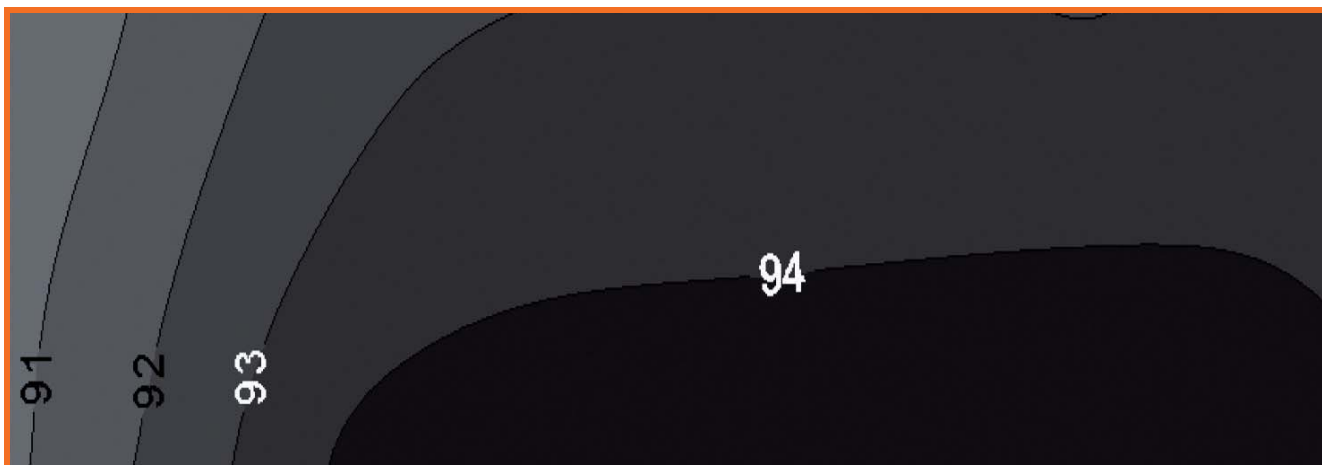
In ordine di rumorosità, seguono le superfici *front* e *back* dove i livelli maggiori delle emissioni sonore si riscontrano nelle parti inferiori per la presenza, rispettivamente, dei tamburi di invio e di raccolta del tessuto.

Infine, la superficie *right* mostra un gradiente di potenza sonora crescente con verso rivolto al meccanismo di guida della spoletta.



▲ **Figura 2** - Distribuzione in bande di terzi d'ottava del livello di potenza sonora globale L_W

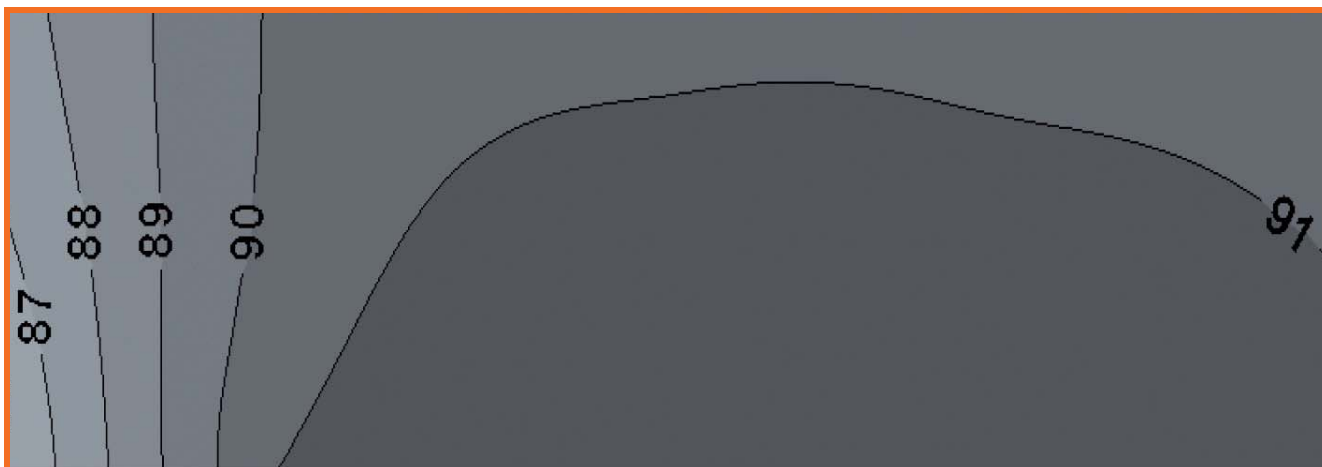
[4] Per maggiori informazioni sulla materia si vedano, di H. Pepin, *Localisation des sources de bruit sur une machine industrielle*, Proceedings of the Second International Congress on Acoustic Intensity, 1, pag. 413, Senlis (Francia), 1985; di R.J. Alfredson, *A New Technique for Noise Source Identification on a Multi-Cylinder Automotive Engine*, Proceedings of Noise-Con 77, pag. 307-318, New York (USA), 1977, di H. Tachibana, *Visualization of Sound Fields by the Sound Intensity Technique*, Proceedings of the Second Symposium on Acoustic Intensity, pag. 117, Tokyo (Giappone), 1987 e di G. Rasmussen, P. Rasmussen, *Localization of Sound Sources*, Proceedings of the Second International Congress on Acoustic Intensity, pag. 425, Senlis (Francia), 1985.



▲ Figura 3 - Livelli di potenza sonora superficiali per la superficie top



▲ Figura 4 - Livelli di potenza sonora superficiali per la superficie front



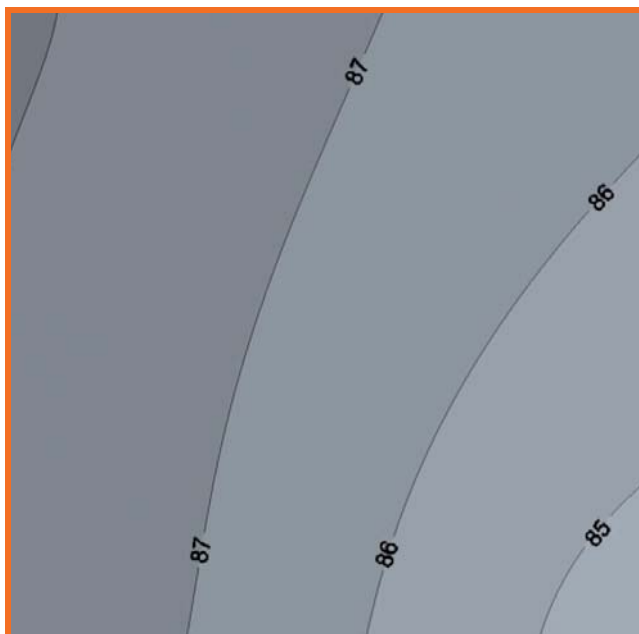
▲ Figura 5 - Livelli di potenza sonora superficiali per la superficie back

Risultati: la direttività della sorgente sonora

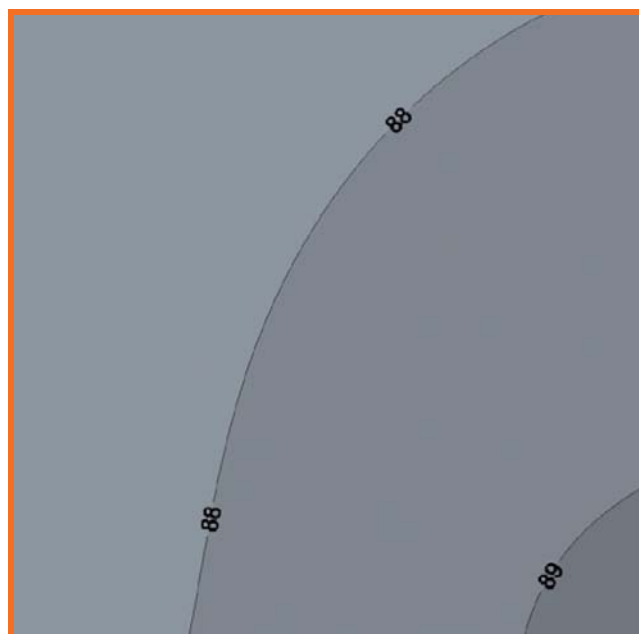
I singoli telai nel modello numerico sarebbero stati assimilati (nel

loro successivo utilizzo) a emettitori puntuali dotati di direzionalità e pertanto, le informazioni di direttività provenienti dalle map-

pe sperimentali della distribuzione superficiale della potenza sonora necessitavano di una opportuna elaborazione per renderle



▲ **Figura 6** - Livelli di potenza sonora superficiali per la superficie right



▲ **Figura 7** - Livelli di potenza sonora superficiali per la superficie left

congruenti al modello puntuale di sorgente sonora adottato^[5].

I valori del livello di potenza sonora determinati sulle

^[5] Per un approfondimento della materia si vedano di R.W. Guy, A. Abdou, *A Measurement System and Method to Investigate the Directional Characteristics of Sound Fields in Enclosures*, Noise Control Engineering Journal, 42, pag. 8, 1994 e di J. Tro, *Sound Radiation from a Double Bass Visualized by Intensity Vectors*, ELAB (Elektronikkolaboratoriet ved NTH, N-7034) Report No. STF44 A83088, Trondheim (Norvegia), 1983.

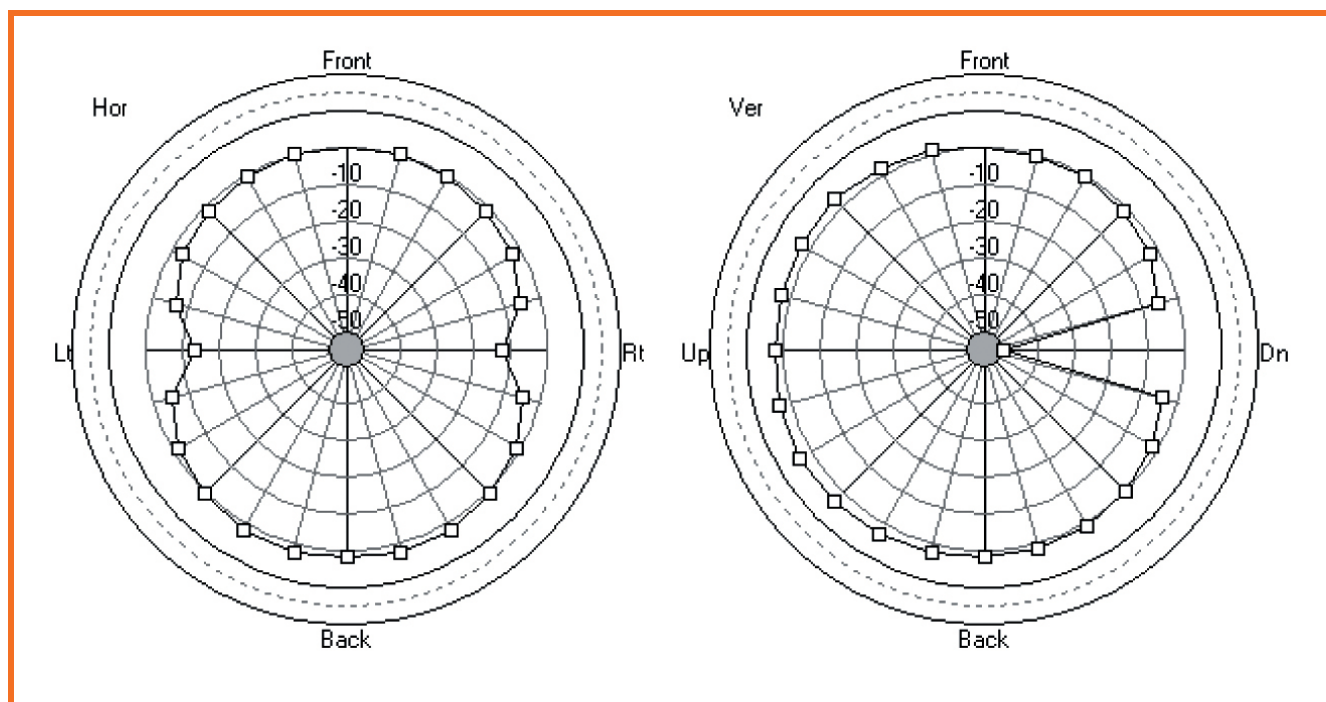
lavoro sicuro



Kapriol® è

Utensili da lavoro
Articoli per la sicurezza
Dispositivi di protezione individuale
Abbigliamento da lavoro
Scarpe antinfortunistiche

www.kapriol.com



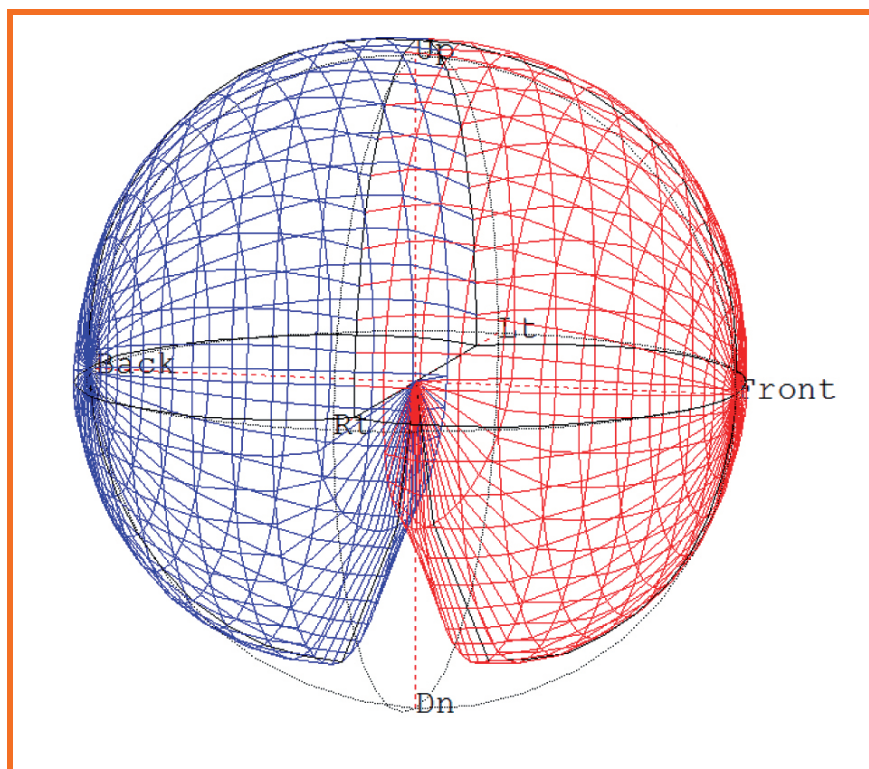
▲ **Figura 8** - Direttività della sorgente sonora puntuale equivalente al telaio piano sulle sezioni orizzontale e verticale

cinque superfici di misura intorno alla sorgente sono stati interpolati tra loro, allora, in funzione dell'angolo di emissione per poi essere normalizzati al livello medio di potenza ottenuto sulla superficie *front*. Così, il diagramma polare di direttività della *figura 8* poteva rappresentare all'interno del modello numerico l'equivalente puntuale del singolo telaio.

Conclusioni

Il metodo intensimetrico, a fronte di una maggiore complessità operativa rispetto ad altre e più diffuse metodologie, ha permesso una caratterizzazione precisa di sorgenti sonore in termini di potenza sonora e di direttività anche quando esse sono collocate in ambienti diversi dai laboratori di misura.

In questo caso la predizione per via numerica dei livelli di rumorosità all'interno del capannone che contiene 18 telai piani può ora partire da una descrizione accurata delle sorgenti operanti al suo interno. I



▲ **Figura 9** - Direttività spaziale della sorgente sonora puntuale equivalente al telaio piano

dati acquisiti e le analisi condotte consentono l'implementazione di modelli di calcolo del clima acusti-

co più fedeli nei risultati e la possibilità di produrre progetti di bonifica efficienti ed economici