



suono e vita
INGEGNERIA ACUSTICA

DIAGNOSI ACUSTICA AVANZATA

L'uso della sonocamera e della sonda intensimetrica - casi di studio

Aggiornamento Gennaio 2024

ING. LORENZO RIZZI - rizzi@suonoevita.it



Con la collaborazione di SILTE srl - SPAZIO TECNICO srl

Sommario

INTRODUZIONE - perché il fonometro non basta

GLI STRUMENTI - sonocamera con due antenne

- la sonda intensimetrica con sono-mappe

APPLICAZIONI NELL'INDUSTRIA E PER L'IMPATTO ACUSTICO

Casi di studio dalla pratica professionale

APPLICAZIONI IN EDILIZIA

Casi di studio dalla pratica professionale



Limiti delle indagini fonometriche

Le indagini fonometriche sono tuttora alla base dell'acustica ambientale Italiana: per verificare lo stato di fatto dell'inquinamento acustico e/o il disturbo, per collaudare e certificare formalmente gli edifici o le macchine oggi è ancora obbligatorio l'uso di un fonometro in classe I e che lo studio sia eseguito da un Tecnico Competente in Acustica (T.C.A.) riconosciuto nell'elenco ministeriale ENTECA.

Il fonometro però misura la pressione sonora, questa è un valore scalare dell'energia sonora in un punto: non è ben associato alla direzione di propagazione del suono.

Con il fonometro è quindi laborioso, se non a volte impossibile, cercare ponti acustici, cercare zone di emissione a maggiore energia, distinguere tra le parti di un macchinario o di un impianto, studiare le emissioni di un serramento o di un capannone.

Quando si vuole essere più precisi è meglio partire dai dati fonometrici, ma poi usare l'intensimetria: in questo documento vi presentiamo due strumenti moderni, utili nella diagnosi tecnica e quindi per definire migliori sistemi di mitigazione e bonifica acustica.



La sonocamera

La nostra sonocamera usa a scelta un diametro di 2.54 metri e uno di 1.32 metri e applica il concetto di antenna sintetica (metodo beam-forming) per fare ruotare un array lineare di microfoni: verifica quindi l'energia che incide normalmente sul disco creato dalla rotazione.

Si esegue un'analisi della distribuzione spaziale del suono in real-time sovrapponendolo alle immagini di una telecamera digitale, avendo un diametro di oltre 2500 mm il range spettrale di funzionamento ottimale è compreso 125 Hz – 15 kHz.

Lo scopo della sonocamera è studiare da remoto fenomeni statici e dinamici. **La sua precisione spaziale dipende dalla distanza di osservazione e dalla frequenza di analisi ed è accettabile individuare variazioni di insieme comprese nei 10-50 cm rispetto all'effettivo punto di emissione.**

Le indagini sono molto rapide da effettuare, si presta a situazioni di rumore statico e dinamico, perde risoluzione in frequenza sotto i 125 Hz (le sono-camere più usate in commercio in realtà la perdono sotto i 600-800 Hz).



La sonda intensimetrica

Usiamo un applicativo ideale per le mappature di intensità acustica tramite l'utilizzo della sonda intensimetrica. La nostra sonda lavora anch'essa sul differenziale di pressione sonora e il suo obiettivo è la ricerca in dettaglio della zona spaziale da cui una determinata rumorosità viene emessa.

Il sistema consente di visualizzare fonomappe dettagliate in intensità acustica sovrapposte all'immagine della superficie di misura.

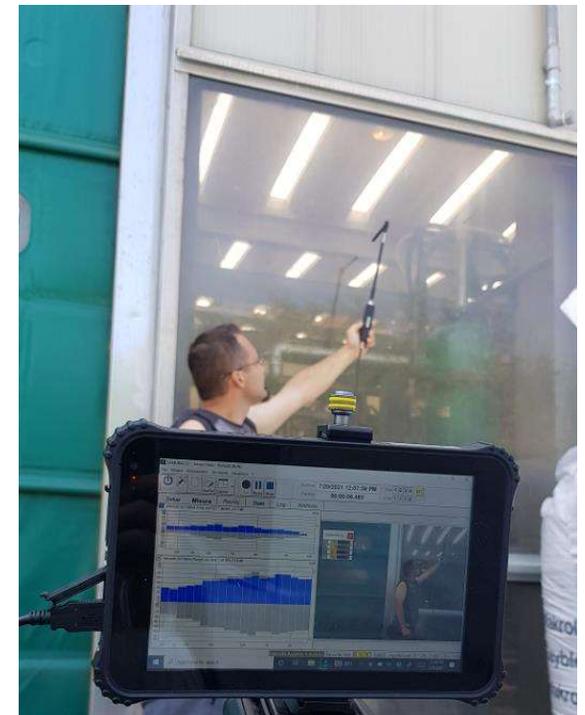
Lo scopo della sonda intensimetrica è studiare, da remoto, fenomeni statici e dinamici; la sua precisione spaziale dipende dalla distanza di osservazione e dalla frequenza di analisi ed è accettabile e **molto utile per individuare variazioni di energia sonora da vicino, di dettaglio, comprese fin nei 5 cm rispetto all'effettivo punto di emissione.**

Pur essendo più lenta da usare ha un dettaglio nello spazio e in frequenza maggiore della sonocamera, anche nelle basse frequenze; non sempre si presta a vedere situazioni dinamiche.



Perché usarle nell'industria e sugli impatti

1. Studiare macchine e prototipi, da dove emettono più rumore e a quali frequenze.
2. Studiare emissione rumore impianti per trovare malfunzionamenti o porzioni di un grande impianto da correggere.
3. Individuare la sorgente dominante tra tante macchine attive contemporaneamente.
4. Capire i difetti in un capannone anche in base alle macchine che contiene.
5. Arrivare a un progetto di mitigazione ordinato per priorità e localizzato con interventi dettagliati sulle frequenze di emissione, più preciso ed efficace, spesso più economico.
6. Avere dati più precisi per una modellizzazione 3D corretta dell'azienda/dei macchinari.
7. Utile in contestazioni coi clienti, con ARPA, nelle consulenze tecniche in Tribunale
8. Utile per gli impatti acustici e per i piani di riduzione del rumore dentro i reparti



CASO Macchinari

Quando è noto dall'indagine fonometrica quali sono le frequenze 'incriminate', diventa molto utile capire dove i macchinari emettono quelle frequenze e poi studiare il perché.

È importante anche avere una conferma della sorgente e della zona della sorgente per capire quali fenomeni stanno dominando oggi nella generazione del rumore e quindi decidere con precisione come si può intervenire sulla macchina.

In alcuni casi è più che sufficiente la sonocamera (in alto).

In altri si entra nei dettagli da vicino con la sonda intensimetrica (in basso).

SETTINGS

Distance to object: 3.00 m
Time interval: 0.000-0.967 s
Bandwidth: 1040.4-2288.8 Hz

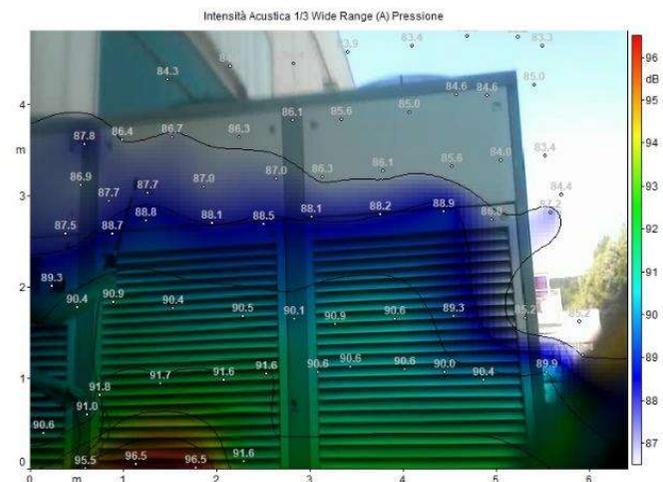
Frame: 1 / 1
Video: Off

ACOUSTIC IMAGE



Max SPL Image: 39.09 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

Total SPL Ref Mic: 59.57 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 54.93 dBA



CASO Cofanature

Utile per il perfezionamento di cofanature fonoisolanti

Anche per realizzare cofani su misura delle macchine
che si andrà a installare sul campo o di macchine esistenti
che sul campo hanno dato evidenza di problemi a frequenze specifiche.

SETTINGS

Distance to object: 3.00 m
Time interval: 0.000-0.866 s
Bandwidth: 145.7-5243.5 Hz

Frame: 1 / 1
Video: Off

ACOUSTIC IMAGE



Max SPL Image: 74.70 dBA
Dynamic range: 3.0 dB

Total SPL Ref Mic: 79.28 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 78.88 dBA

ACOUSTIC IMAGE



Max SPL Image: 76.06 dBA
Dynamic range: 3.0 dB

Total SPL Ref Mic: 77.90 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 77.50 dBA

CASO Impianti e aziende

Quando è noto dall'indagine fonometrica quali sono le frequenze 'incriminate', diventa molto utile comprendere da dove domina l'emissione sonora allo stato di fatto.

È importante individuare e avere una conferma della sorgente dominante e della zona di emissione della sorgente per capire quali fenomeni stanno dominando in quel momento nella generazione del rumore: così si studia come limitarli con interventi più mirati.

In alcuni casi si scopre un punto di una tubazione (in alto).

In altri si vede una riflessione sonora che concorre (in basso)



Max SPL Image: 37.07 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

Total SPL Ref Mic: 49.03 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 45.98 dBA



Max SPL Image: 41.21 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

Total SPL Ref Mic: 53.54 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 48.91 dBA

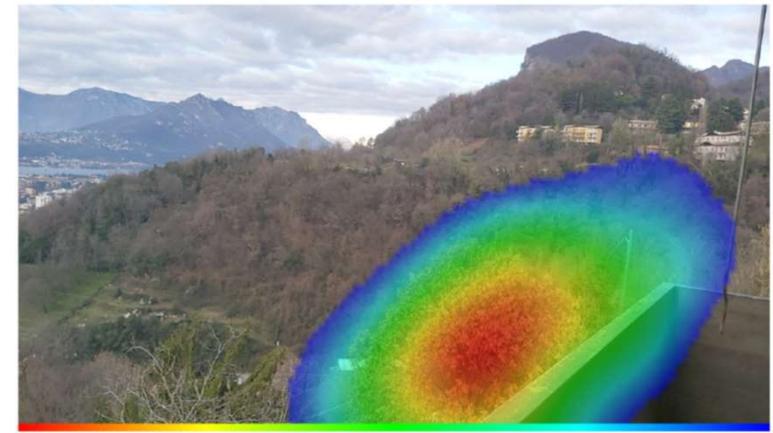
CASO Visite al ricettore

Quando è noto dall'indagine fonometrica quali sono le frequenze 'incriminate', diventa molto utile comprendere da dove domina l'emissione sonora allo stato di fatto.

È importante individuare dal **lato del ricettore** e avere così una conferma della sorgente dominante e della zona di emissione della sorgente per capire quali fenomeni stanno dominando in quel momento nella generazione del rumore:

così si studia come limitarli con un piano di mitigazione più preciso

In alcuni casi si scopre subito quale parte dell'azienda è dominante guardando l'azienda e il suo tetto direttamente dal ricettore che si è lamentato.



Max SPL Image: 35.13 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

Total SPL Ref Mic: 49.93 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 49.31 dBA



Max SPL Image: 44.54 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

Total SPL Ref Mic: 53.57 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 52.71 dBA

A volte il problema è un impianto regolato male o che è diventato rumoroso per usura

È importante individuare e avere una conferma della sorgente dominante e della zona di emissione della sorgente per capire quali fenomeni stanno dominando in quel momento nella generazione del rumore: così si studia come limitarli con interventi più mirati.

In alcuni casi si scopre che è un problema di manutenzione di un ventilatore, Il dato è confermato sia vicino che lato ricettore sulla torre evaporativa

ACOUSTIC IMAGE



Max SPL Image: 56.68 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

Total SPL Ref Mic: 62.80 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 59.14 dBA

ACOUSTIC IMAGE



Max SPL Image: 33.94 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

Total SPL Ref Mic: 44.88 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 36.70 dBA

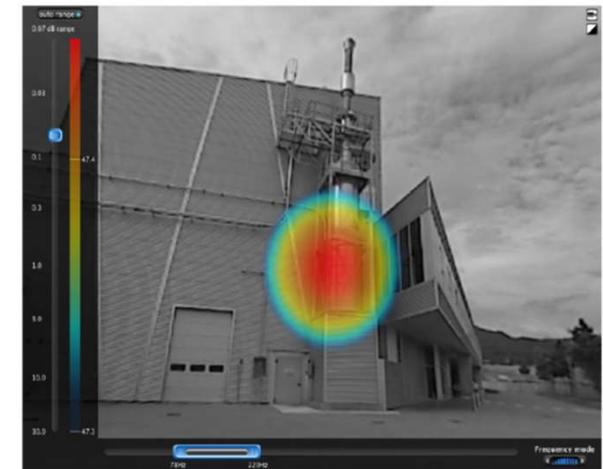
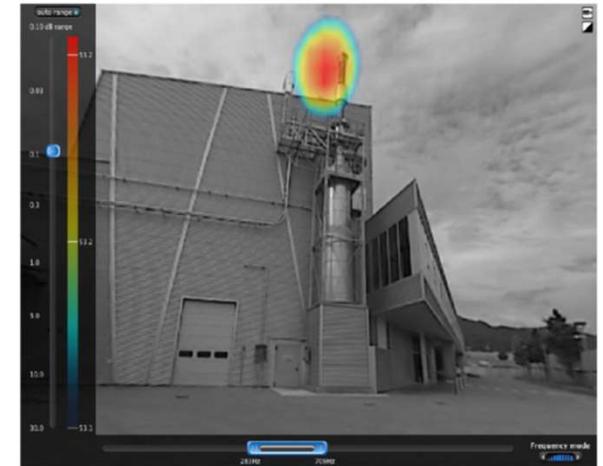
CASO Studio di un camino

Quando è noto dall'indagine fonometrica quali sono le frequenze 'incriminate' che impattano al ricettore, diventa molto utile comprendere da dove domina l'emissione sonora più problematica.

È importante individuare e avere una conferma della sorgente e della zona della sorgente per capire quali fenomeni stanno dominando nella generazione del rumore e quindi decidere come limitarli.

In questo caso il camino emette le alte frequenze in alto e le medio-basse nella parte bassa.

Si necessitano due interventi localizzati ma pensati diversamente.



CASO Studio di un impianto

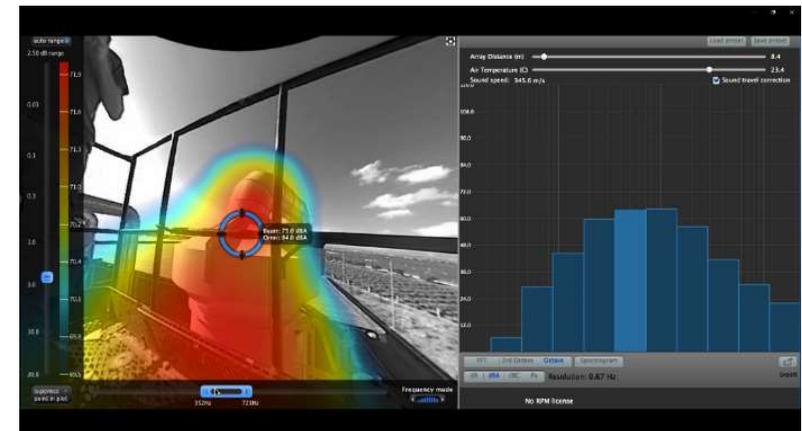
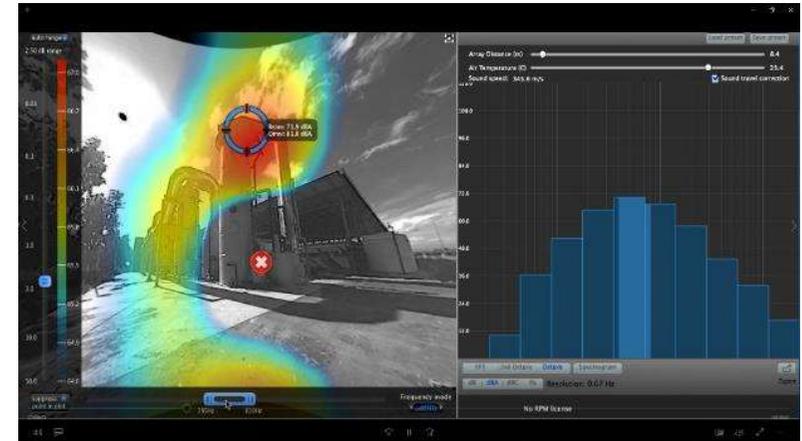
È comunque importante e molto utile comprendere da dove domina l'emissione sonora.

È importante individuare e avere una conferma della sorgente e della zona della sorgente dominante, così si definiscono quali fenomeni stanno dominando nella generazione del rumore e si può studiare come limitarli al meglio.

Spesso dal vivo c'è talmente rumore e talmente tante riflessioni che è fondamentale appoggiarsi a queste verifiche

In questo caso più parti impianto dominano nell'ottava di interesse.

Si usa l'alzatore per avvicinarsi e avere più dettaglio.



CASO Contraddittori con ARPA

In questo caso l'ente di controllo contestava una situazione notturna al nostro cliente.

La sonocamera ha dimostrato che in quell'orario c'era una fonte sonora di terzi molto energizzata e ci ha permesso di individuarla.

Poi, siccome eravamo presso il ricettore, abbiamo identificato all'avvio delle macchine quali stavano dominando nella situazione diurna.



Max SPL Image: 35.23 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

Total SPL Ref Mic: 45.42 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 44.42 dBA



Max SPL Image: 49.24 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

Total SPL Ref Mic: 57.24 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 56.68 dBA

CASO Verifica opere di isolamento

Anche dopo la posa delle opere di isolamento è opportuno fare dei controlli,
Per capirne la reale efficacia e la bontà del lavoro dei fornitori.

In questi casi si controlla la resa su un camino con silenziatore cilindrico e la
resa di pannelli fonoisolanti leggeri su un ventilatore.

ACOUSTIC IMAGE

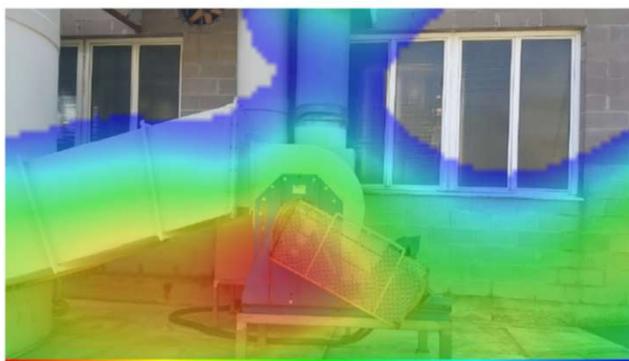


SETTINGS

Distance to object: 4.00 m
Time interval: 0.000-0.803 s
Bandwidth: 249.7-1976.7 Hz

Frame: 1 / 1
Video: Off

ACOUSTIC IMAGE



Max SPL Image: 51.97 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

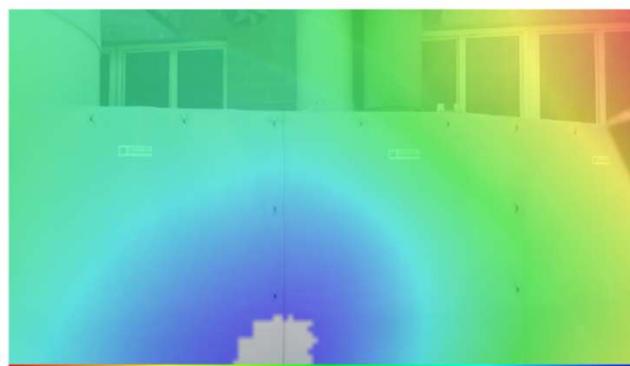
Total SPL Ref Mic: 78.69 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 77.16 dBA

SETTINGS

Distance to object: 2.50 m
Time interval: 0.000-0.799 s
Bandwidth: 249.7-2018.3 Hz

Frame: 1 / 1
Video: Off

ACOUSTIC IMAGE



Max SPL Image: 54.41 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

Total SPL Ref Mic: 73.66 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 70.66 dBA

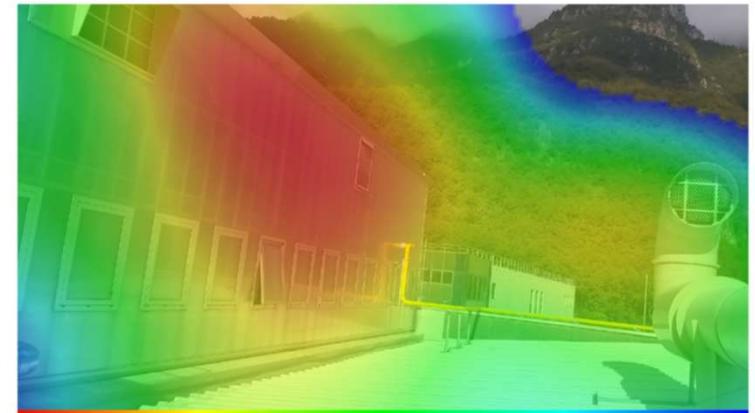
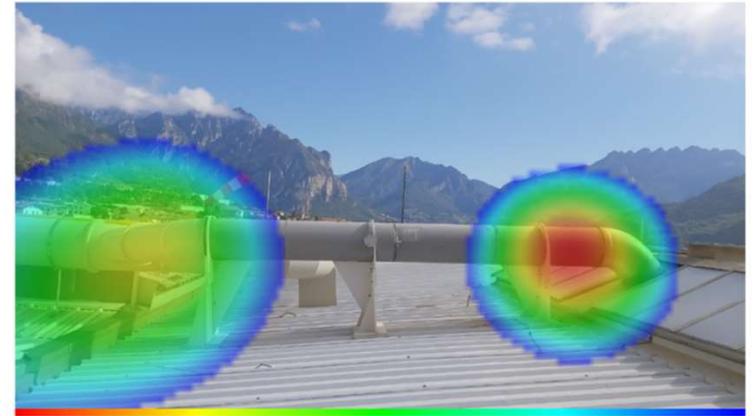
CASO Studio tetti e impianti

Anche i tetti, le coperture e tamponamenti, le canalizzazioni soprastanti possono essere fonti primarie di emissione del rumore e a volte vengono sottovalutati dalla semplice indagine col fonometro.

Con la sonocamera si identifica sul posto dove, come e perché intervenire.

Si perfeziona il piano degli interventi di mitigazione per priorità ben definite.

Applicando anche la sonda si possono realizzare modelli 3D più dettagliati e studiare al meglio l'effetto delle opere.



CASO Studio involucro capannoni

Gli involucri, i portoni, le porte, i serramenti, le prese d'aria possono essere fonti primarie di emissione del rumore e a volte vengono sottovalutati o esclusi dall'indagine fonometrica.

Con la sonocamera si identifica sul posto dove, come e perché intervenire.

Si perfeziona il piano degli interventi di mitigazione per priorità ben definite.

Caso di studio che evidenzia una presa d'aria (sopra)

E un portone con problemi sul perimetro (in basso)



CASO Studio involucro capannoni

Gli involucri, i portoni, le porte, i serramenti, i tetti stessi possono essere fonti primarie di emissione del rumore e a volte vengono sottovalutati.

Con la sonocamera si identifica sul posto dove, come e perché intervenire, anche di notte.

Con un'analisi in frequenza si perfeziona il piano degli interventi di mitigazione del rumore per priorità ben definite.

Nel caso di studio un capannone che si vorrebbe usare per eventi musicali la sonocamera integrata alle misure fonometriche permette di fare un modello 3D accurato e definire al meglio quali opere sono prioritarie

ACOUSTIC IMAGE



CASO Studio involucro capannoni

Gli involucri, i portoni, le porte, i serramenti, le prese d'aria possono essere fonti primarie di emissione del rumore e a volte vengono sottovalutati.

Con la sonocamera si identifica sul posto dove, come e perché intervenire, anche di notte.

Con un'analisi in frequenza si perfeziona il piano degli interventi di mitigazione del rumore per priorità ben definite.

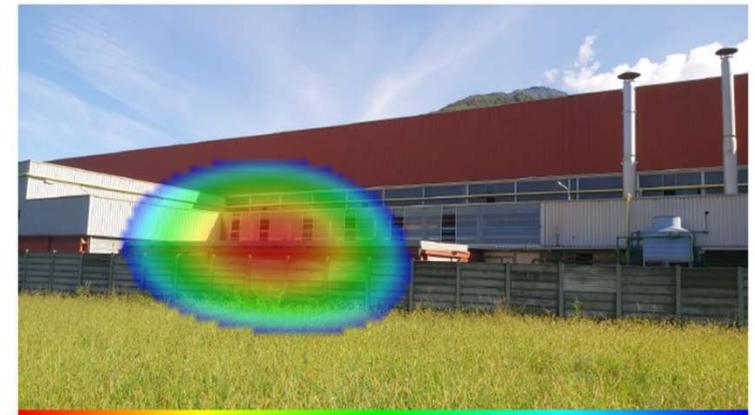
In questo caso si è meglio definito il reparto e quale sua parte è più problematica



SETTINGS

Distance to object: 50.00 m
Time interval: 0.000–0.725 s
Bandwidth: 249.7–853.1 Hz

ACOUSTIC IMAGE



Max SPL Image: 59.60 dBA
Dynamic range: 1.0 dB

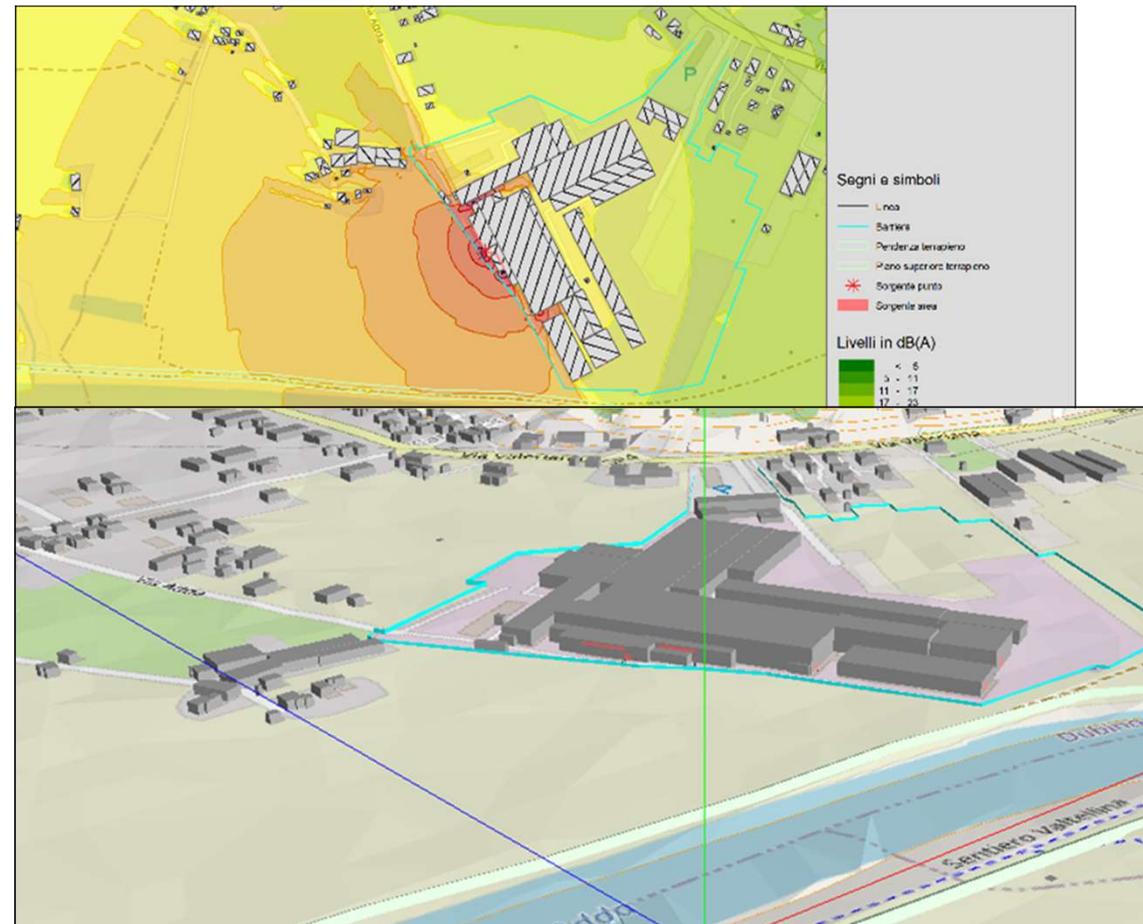
Total SPL Ref Mic: 69.00 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 62.72 dBA

I dati permettono modellizzazioni 3D più accurate

I dati ottenuti con la sonocamera permettono di integrare le informazioni delle campagne Fonometriche, non possono sostituirle.

I modelli 3D hanno così molti più dettagli E diventano più precisi.

I piani di mitigazione diventano più mirati E si spende meglio il budget per le opere di insonorizzazione



Perché usarle in edilizia

Trovare un ponte acustico in una facciata e definirlo in frequenza. Utile nei contenziosi.

Utile per definire la qualità di posa e/o nuove strategie mirate di mitigazione.

Si risponde a domande e quesiti cui un collaudo tradizionale non può rispondere.

Tutto serve a definire meglio i fenomeni acustici e arrivare ad un progetto di mitigazione più preciso ed efficace, spesso più economico, su misura del problema.

Esempi:

Studiare facciate e/o serramenti e/o sottotetti con isolamento insufficiente.

Studiare divisori ufficio o fra unità immobiliari.

Studiare prototipi di parete, parete mobile, porta, infissi, monoblocco.

Studiare passaggio impianti nascosto velette e pareti.

Dettagli di macchine degli impianti rumorose.

Dare chiarimenti al CTU o ad ARPA in un contenzioso.

Nei casi di disturbo da rumore predisporre dei piani di mitigazione più accurati



CASO Edilizia - Serramenti

La sonocamera (sotto) conferma la provenienza in modo più macroscopico.

La sonda intensimetrica (sopra) entra nel dettaglio.

Questi strumenti sono importanti

- nei casi di contenzioso;
- nella ricerca dei ponti acustici per perfezionare dopo un collaudo insufficiente;
- nel perfezionamento prima della consegna finale al cliente;
- nello studio di prototipi.

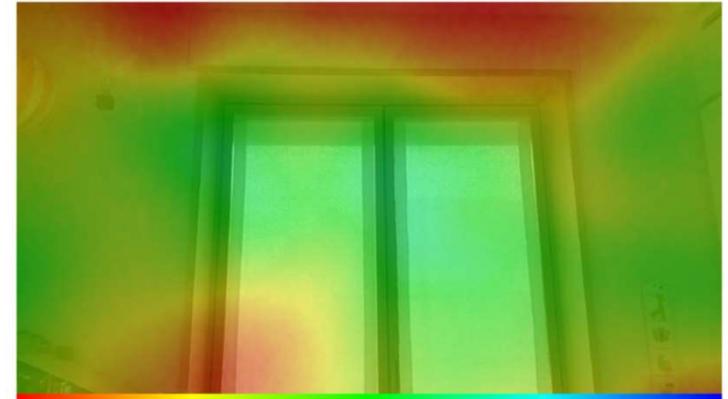


CASO Edilizia - Serramenti

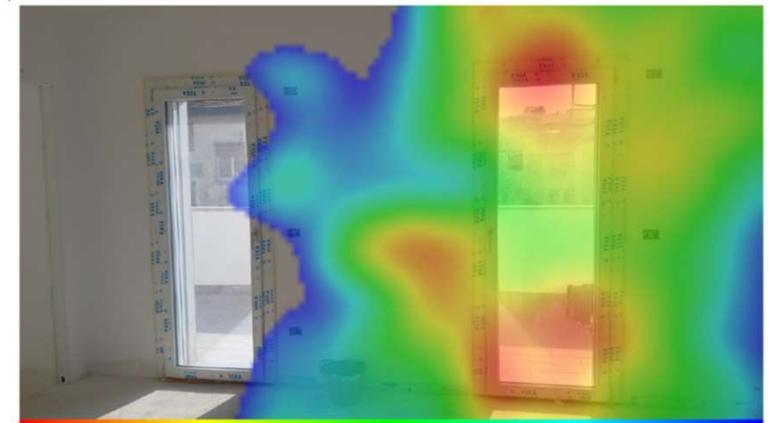
La sonocamera e poi la sonda sono utili per approfondire domande sull'isolamento i facciata quali per esempio:

- il cassonetto è un ponte acustico importante?
- quanto è stato gestito bene il ponte acustico sul perimetro?
- ci sono delle prese di corrente che agiscono da ponte acustico?
- il cappotto esterno mi crea dei problemi sulla parte cieca?
- ci sono problemi di registrazione del serramento?

ACOUSTIC IMAGE



ACOUSTIC IMAGE



Max SPL Image: 48.16 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

Total SPL Ref Mic: 66.57 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 64.46 dBA

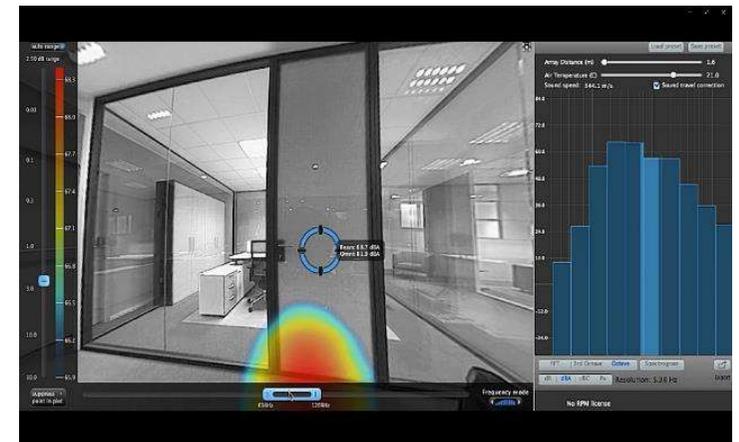
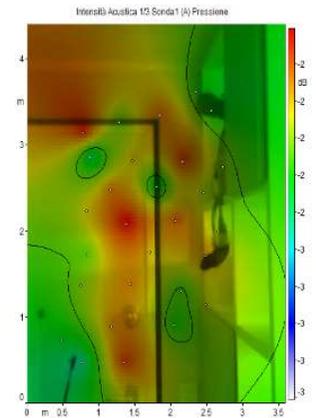
CASO Edilizia - Pareti leggere e serramenti

La sonocamera (sotto – la soglia) conferma la provenienza in modo più macroscopico.

La sonda intensimetrica (sopra – non solo le guarnizioni) entra nel dettaglio.

Questi strumenti sono importanti

- nei casi di contenzioso;
- nella ricerca dei ponti acustici per perfezionare dopo un collaudo insufficiente;
- ricerca di soluzioni su misura;
- perfezionamento prototipi.



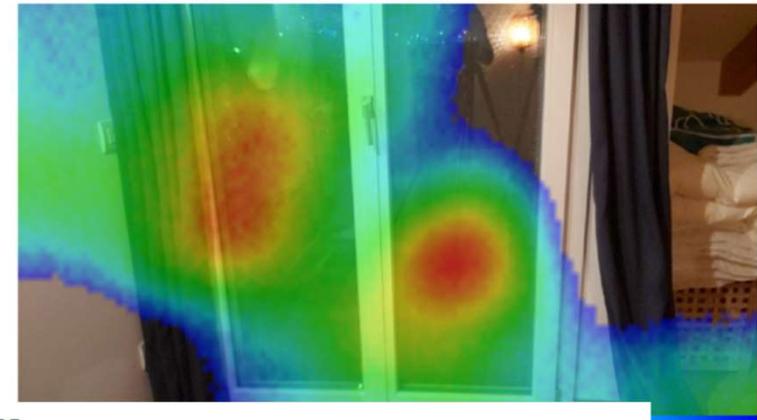
CASO Edilizia – Studio di un sottotetto

La sonocamera permette di valutare dove conviene intervenire,
Con quale priorità e con quali tecnologie

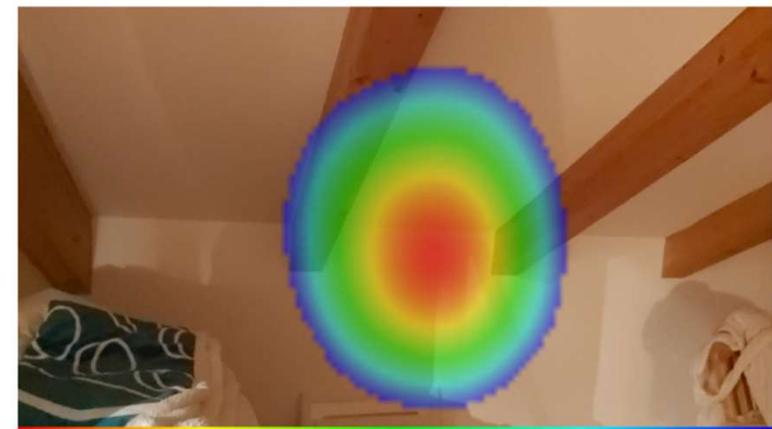
Il sottotetto abitato soffre spesso disturbo del rumore
Che proviene dall'esterno e/o dai vicini affianco.

Si integrano i dati di rumore e di isolamento
ottenuti col fonometro per decidere
dove, come e con quale priorità è meglio spendere il budget del cliente.

ACOUSTIC IMAGE



ACOUSTIC IMAGE



L Ref Mic: 38.29 dB
Ref Mic: 35.91 dBA

Max SPL Image: 21.68 dBA
Dynamic range: 1.0 dB

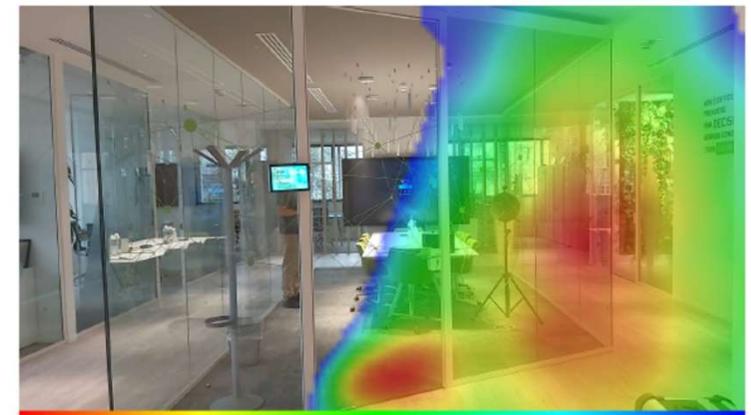
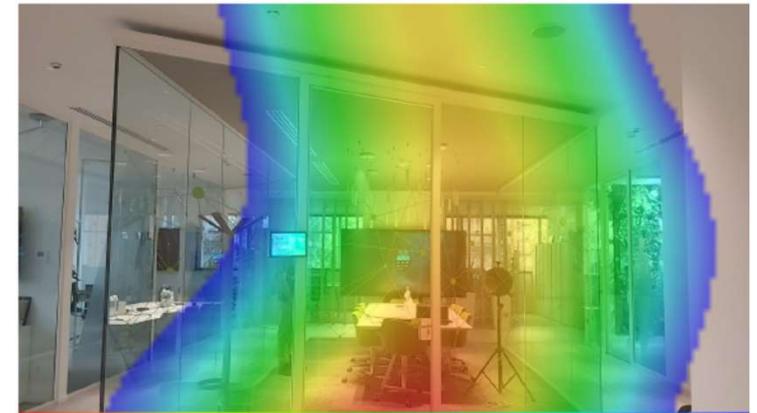
Total SPL Ref Mic: 34.66 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 33.31 dBA

CASO Edilizia - Uffici

La sonocamera è uno strumento molto utile nella valutazione
Dello stato di fatto, per definire i ponti acustici e i deficit attuali
E quindi definire le strategie di miglioramento o impostare
Correttamente un progetto di riqualifica e ristrutturazione degli interni

Questi strumenti sono importanti

- nei casi di contenzioso;
- nella ricerca dei ponti acustici;
- ricerca di soluzioni su misura;
- Impostare al meglio una riqualifica



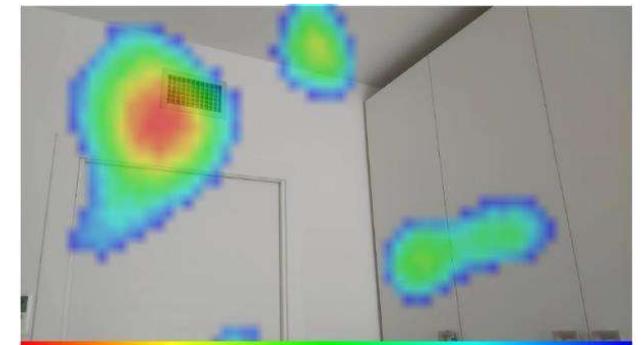
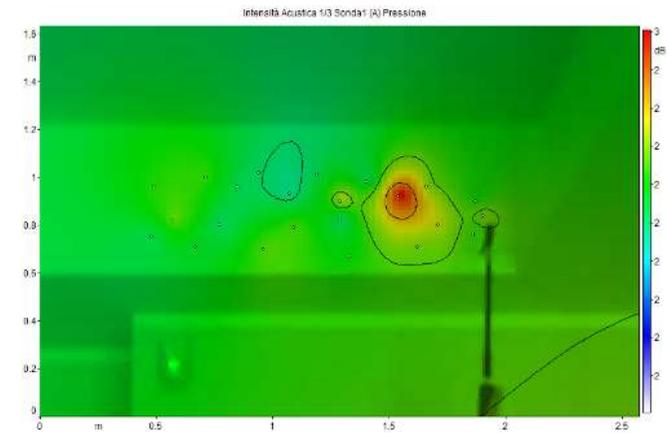
CASO Edilizia - Impianti

La sonocamera (sotto – la griglia favorisce l’arrivo di un rumore idraulico) conferma la provenienza in modo più macroscopico.

La sonda intensimetrica (sopra – posizione esatta tubo scarico dominante) entra nel dettaglio.

Questi strumenti sono importanti

- Per verifiche non distruttive;
- nei casi di contenzioso;
- nella ricerca dei ponti acustici per perfezionare dopo un collaudo insufficiente;
- ricerca di soluzioni su misura.



CASO Macchinari esterni

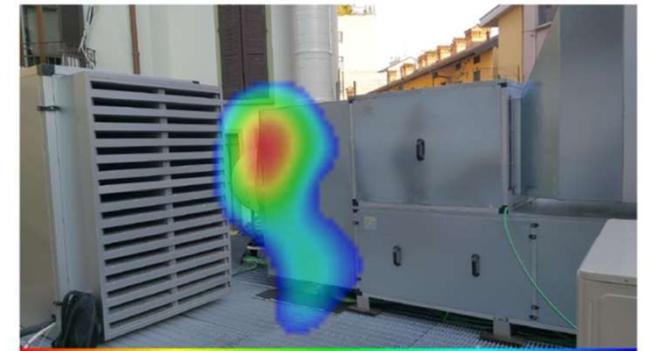
Quando è noto dall'indagine fonometrica quali sono le frequenze 'incriminate', diventa molto utile capire dove i macchinari emettono quelle frequenze e perché.

È importante anche avere una conferma della sorgente e della zona della sorgente per capire quali fenomeni stanno dominando oggi nella generazione del rumore e quindi decidere con precisione come si può intervenire sulla macchina.

In alcuni casi è più che sufficiente la sonocamera (in alto).

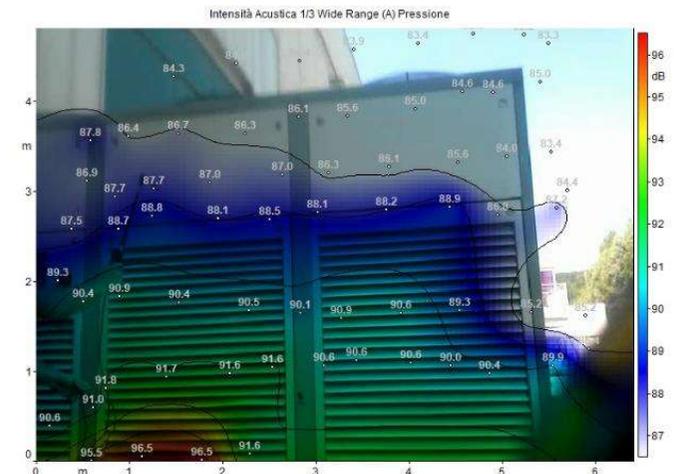
In altri si entra nei dettagli da vicino con la sonda intensimetrica (in basso).

ACOUSTIC IMAGE



Max SPL Image: 99.09 dBA
Dynamic range: 2.0 dB

Total SPL Ref Mic: 59.57 dB
Bandlimited SPL Ref Mic: 54.93 dBA



GRAZIE PER LA VOSTRA ATTENZIONE

Per domande e richieste contattateci

rizzi@suonoevita.it