



DIAGNOSI VIBRAZIONALE AVANZATA

Aggiornamento Settembre 2026

ING. LORENZO RIZZI – rizzi@suonoevita.it

DOTT. FABIO CALISSI - calissi@suonoevita.it

Sommario parte 1

- GLI STRUMENTI**
- *Convergence Instruments* data loggers per monitoraggio non-presidiato
 - *DEWESoft Krypton* DAQ a 4 canali per analisi dettagliate presidiate
 - Martelli strumentati e sensoristica accelerazione/velocità mono e triassiale
 - Sistema *SINUS APOLLO* con software *SAMURAI*
 - Accelerometri triassiali ad alta sensibilità

APPLICAZIONI NELL'INDUSTRIA, PER L'IMPATTO ACUSTICO E NELL'EDILIZIA

- Analisi vibrazionale su macchinario, suoi punti di ancoraggio e basamenti
- Analisi frequenze naturali e impedenza strutturale, FEA previsionale + validazione in situ FRF
- Valutazione trasmissione rumore strutturale
- Valutazione danno a edifici e disturbo a persone
- Valutazione e diagnosi isolamento acustico e sulle macchine per trovare soluzioni su misura

Sommario parte 2

APPLICAZIONI NEL NAVALE, PER IL COMFORT NELLA BARCA A VELA O PANFILO A MOTORE

- Valutazione preliminare su scelta sistema propulsivo e scelta sistemi resilienti di smorzamento vibraz.
- Analisi frequenze naturali ponti e basamenti dei macchinari, FEA previsionale + validazione in situ FRF
- Factory acceptance test su generatori e riduttori
- Ispezioni a bordo, controllo posa in opera
- Calcolo previsionale dei valore di rumore a bordo
- Misure di rumore e vibrazione e trasparenza acustica ad imbarcazione finita

Analisi vibrazionale su macchinario

L'analisi vibrazionale su macchinario, con misure effettuate secondo standard europei che variano a seconda della macchina in oggetto (pompe, generatori etc), è lo strumento necessario ad investigare comportamenti meccanici indesiderati e eccessive vibrazioni. Oggetto dello studio possono essere la salute e la vita utile della macchina stessa e/o la trasmissione delle vibrazioni alle sue fondazioni e agli individui riceventi (persone e cose).

Da evitare e risolvere:

- Cattiva scelta anti-vibranti
- AV insufficientemente supportati
- Problemi intrinseci alla macchina (eccentricità, sbilanciamento, disallineamento)

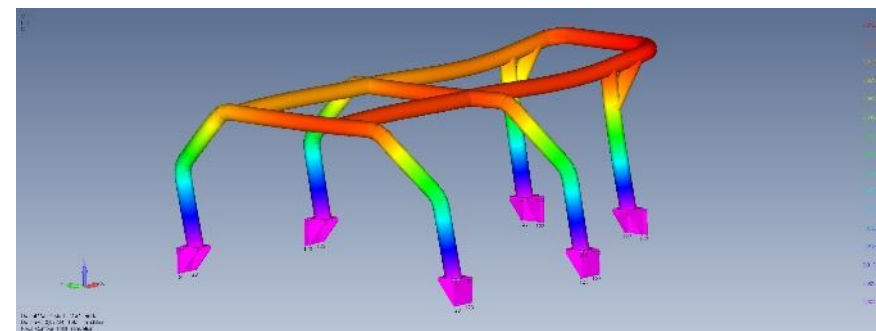
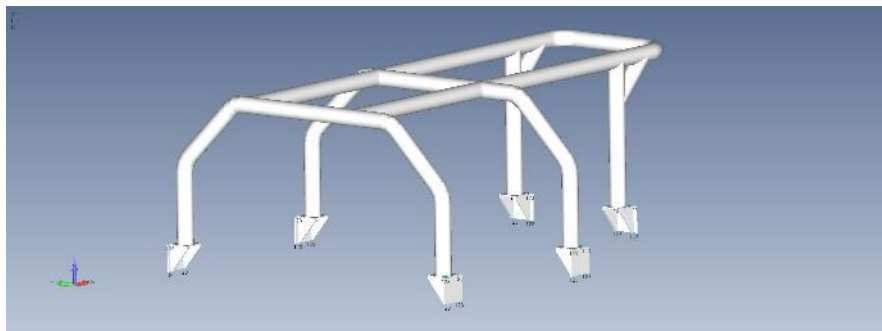


Previsione - Studio agli elementi finiti

Una macchina che presenta rischio di elevate vibrazioni é solita essere montata su supporti anti-vibranti. Questi riducono le vibrazioni tra sorgente e fondazione. **La loro efficacia é figlia della corretta scelta del tipo e numero dei supporti stessi (AVM)**, della consona morbidezza del materiale resiliente e della sufficiente rigidezza della fondazione.

In fase previsionale, un nostro studio FEA (finite-element analysis) delle frequenze naturali e dell'impedenza del basamento/solaio é atto a conoscere il comportamento della struttura portante del macchinario.

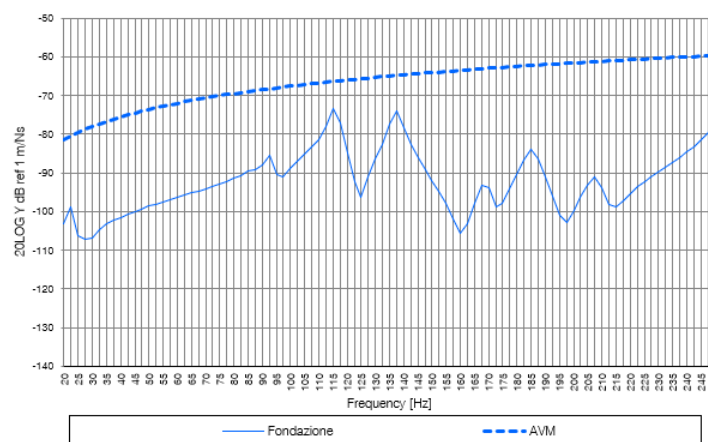
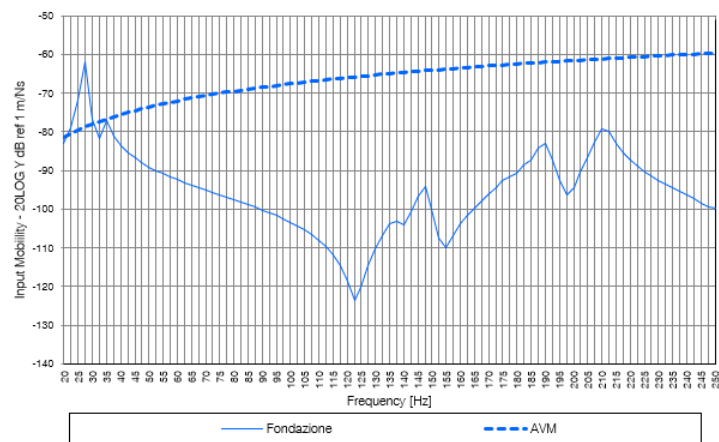
- Frequenze naturali
- Impedenza / Rigidezza dinamica



Previsionale - Impedenza

Un teorico “salto” di impedenza é necessario per garantire una sufficiente riduzione delle vibrazioni.

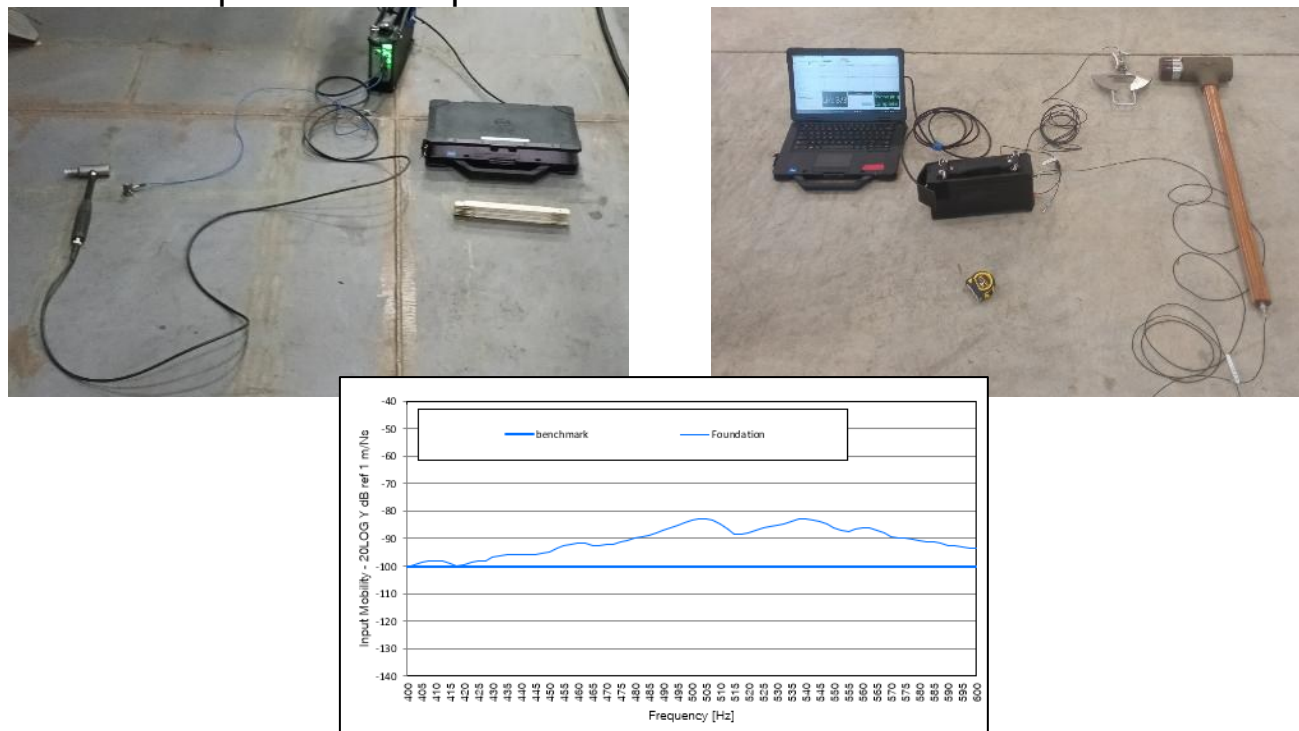
Esempio reale: Il grafico a sinistra mostra un “salto” di impedenza positivo (fondazione piú rigida dell’AVM) solo a partire da circa 35 Hz ma che mantiene una cospicua forbice, indicando un buon isolamento vibrazionale a partire da circa 50 Hz. Il grafico a destra presenta “salto” di impedenza positivo su tutto range di frequenze analizzato, benché insufficiente attorno ai 110 e 140 Hz (altre frequenze naturali della struttura); in questo range di frequenze non si può pronosticare un sufficiente isolamento degli AVM, in caso la mandata sia in questo campo di frequenze significativa, **va ponderato l’utilizzo di anti-vibranti piú morbidi e/o l’irrigidimento della struttura.**



Validazione analisi previsionale FEA

Lo studio delle frequenze naturali / impedenza di AVM e della struttura viene simulato ma è preferibilmente verificato in situ con misure FRF (frequency response function) per mezzo di martelli strumentati e sensori accelerometrici. I risultati posso essere confrontati con benchmark derivanti da fondazioni / solai aventi comprovate buone prestazioni.

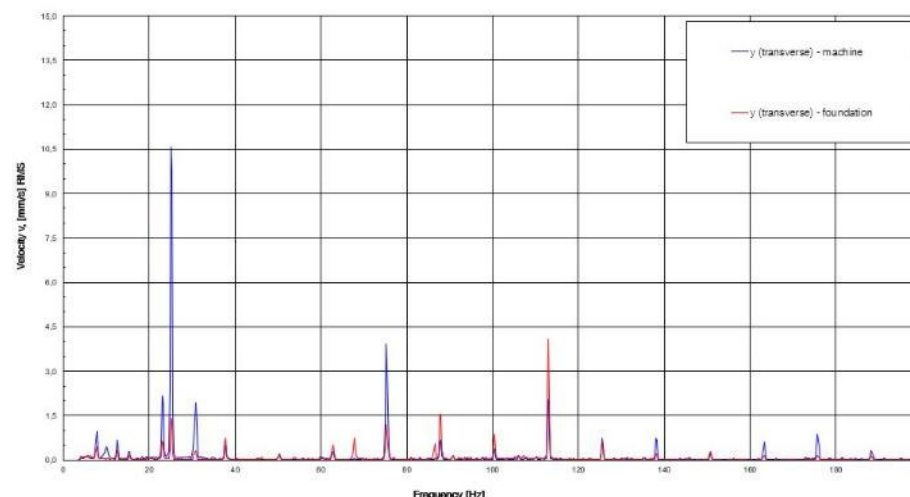
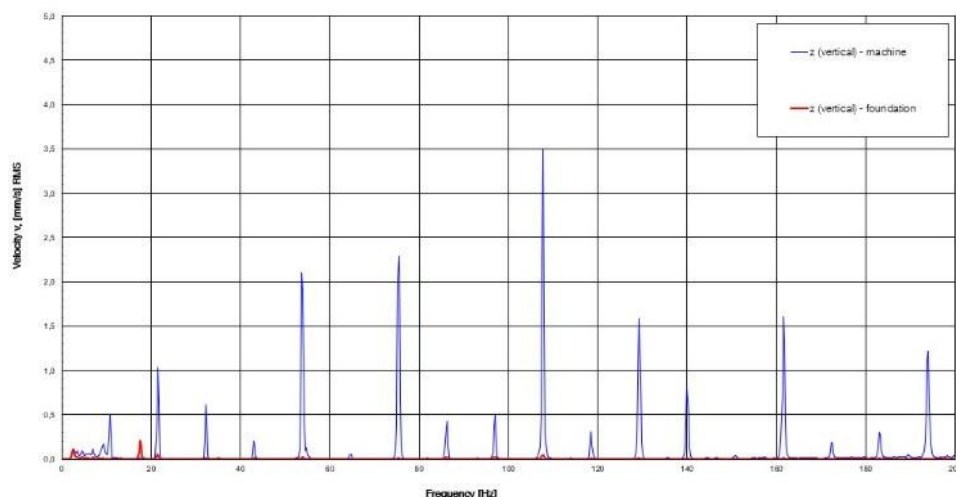
Questa tecnica è molto utile quando si sta per insediare un nuovo macchinario in un edificio esistente.



Misure con accelerometri su macchine

Valutazione isolamento AVM

In opera, occorrono misure vibrazionali triassiali sulla macchina stessa e anche al di sotto dei piedini (AVM). Nel grafico a sinistra è proposto un esempio di buon isolamento degli AVM, nel grafico a destra un isolamento insufficiente.



E' importante selezionare numero e tipologia corretta di antivibranti (AVM). L'energia vibrazionale acquisita sotto gli AVM è facilmente propagata nella direzione dei ricevitori, dove potrebbe essere più complesso progettare soluzioni di mitigazione.

Valutazione rumore strutturale

Accelerometri e moduli di acquisizione, utilizzati in parallelo a fonometri, risultano fondamentali nei casi di propagazione di rumore strutturale (cioè non areo). In questi casi il solo utilizzo del fonometro può essere insufficiente e fuorviante, il quanto le sole misure di pressione e/o potenza sonora non sempre caratterizzano al meglio il fenomeno di propagazione e disturbo. Le onde vibrazionale si propagano per via strutturale e vengono irradiate dagli elementi costruttivi attraverso tutti gli elementi dell'edificio.

- L'analisi vibrazionale e la conversione dell'energia vibrazionale in rumore strutturale, porta a conclusioni diagnostiche chiare e fa da base per l'intervento di mitigazione, Permette di definire quali sono gli elementi dell'edificio che a bassa frequenza conducono più rumore.
- La propagazione dell'energia strutturale, così quella aerea, è caratterizzabile tramite misure a diverse distanze.
- Per la mitigazione, sia si intervenga su fonte, mezzo o ricevitore, vi è sempre la necessità di inserire una discontinuità che interrompa il cammino dell'energia strutturale.



Valutazione rumore strutturale

Nella pratica, ogni sorgente rumorosa eccita gli elementi strutturali a cui è ancorata o su cui è appoggiata: all'interno di abitazioni, condomini o uffici si segnalano spesso problematiche legate ad impianti di condizionamento, pompe di calore, elettrodomestici, ascensori etc.

- Investigare la propagazione del rumore strutturale, in parallelo con quello aereo, aiuta ad identificare il tragitto della disturbante energia sonora.
- L'analisi in frequenza dei valori vibrazionali a sorgente, nel mezzo di propagazione e a ricevitore, aumenta la probabilità di progettare gli interventi mitigatori più efficaci.



Valutazione rischio danno – UNI 9916

In Italia la valutazione di **rischio di danno agli edifici** a fronte di vibrazioni è regolata dalla UNI 9916 (viene spesso richiesta da RFI). È necessaria una misura, anche non presidiata per un tempo abbastanza lungo da caratterizzare il fenomeno. Le vibrazioni e ed i loro sono valutati in p.p.v. (peak particle velocity) e espressi in mm/s. Si fa riferimento ai valori limite della DIN 4150-3. Per queste misure non presidiate ci affidiamo a datalogger Convergence Instruments, capaci di immagazzinare dati anche per una settimana intera e dotati di pannello solare per mantenere il livello di batteria.



The figure displays two side-by-side screenshots of the Belding Vibrolog Calibration V2.000 software interface, comparing the 'Summary' and 'Spectral' tabs.

Left Screenshot (Summary Tab):

- Header:** User ID, AVQ (L2L/N/S/T/AN/R) ID, SN, 10/14/26, 11/29/2024, Last Calibration, Open File, Read Instr, 08/28/25, 11/24/2024.
- Left Panel:** Summary, Scatter Plot, Time, Spectral.
- Main Plot:** Acceleration (G) vs. Date/Time. The plot shows a series of data points with error bars, mostly clustered around 0.5 G.
- Right Panel:**
 - Metadata:** Bldg-1150, Buildings, Appl-1150, Cat-2, Class, Status, Indication.
 - Exclusion Controls:** Exclude Outset (0), Exclude Outset (0).
 - Peak Data:**
 - 0.0200 mm/s - Peak, 0.0200 mm/s - Peak, 0.0200 mm/s - Peak.
 - 0.0200 mm/s - Peak, 0.0200 mm/s - Peak, 0.0200 mm/s - Peak.
 - 0.0200 mm/s - Peak, 0.0200 mm/s - Peak, 0.0200 mm/s - Peak.

Right Screenshot (Spectral Tab):

- Header:** User ID, AVQ (L2L/N/S/T/AN/R) ID, SN, 10/14/26, 11/29/2024, Last Calibration, Open File, Read Instr, 08/28/25, 11/24/2024.
- Left Panel:** Summary, Scatter Plot, Time, Spectral.
- Main Plot:** Velocity (mm/s) vs. Frequency (Hz). The plot shows a series of data points with error bars, mostly clustered around 0.5 mm/s.
- Right Panel:**
 - Metadata:** Bldg-1150, Buildings, Appl-1150, Cat-2, Class, Status, Indication.
 - Exclusion Controls:** Exclude Outset (0), Exclude Outset (0).
 - Peak Data:**
 - 0.0200 mm/s - Peak, 0.0200 mm/s - Peak, 0.0200 mm/s - Peak.
 - 0.0200 mm/s - Peak, 0.0200 mm/s - Peak, 0.0200 mm/s - Peak.
 - 0.0200 mm/s - Peak, 0.0200 mm/s - Peak, 0.0200 mm/s - Peak.

La normative NON correlano il superamento dei limiti ad un CERTO danno all'edificio, ma indicano una probabilità che le vibrazioni, perdurate nel tempo, portino a danni cosmetici e/o strutturali.

Valutazione disturbo vibrazioni – UNI 9614

In Italia la valutazione di disturbo vibrazionale a persone è regolata dalla UNI 9614. Si valutano i valori di accelerazione efficace in mm/s^2 immessi, ad essi verrà poi sottratto il livello vibrazionale residuo per ottenere il livello di vibrazione della sorgente V_{sor} . Quest'ultimo si compara ai limiti normativi della UNI.

9.1

Ambienti ad uso abitativo

I limiti di riferimento massimi per la massima accelerazione ponderata della sorgente, V_{sor} , sono:

- periodo diurno: $7,2 \text{ mm/s}^2$;
- periodo notturno: $3,6 \text{ mm/s}^2$;
- periodo diurno di giornate festive: $5,4 \text{ mm/s}^2$.

A seconda della situazione e delle esigenze del cliente, proponiamo misure presidiate brevi e/o non presidiate di maggiore durata.

Valutazione avanzata isolamento acustico

Anche in complesse situazioni dove l'abbattimento del rumore aereo non è facilmente valutabile tramite le misure di pressione sonora e la sonocamera, l'acquisizione di dati vibrazionali su vari elementi strutturali porta ad una più dettagliata comprensione del comportamento del divisorio, soprattutto alle basse frequenze (ottave 31.5 – 63 – 125 Hz).

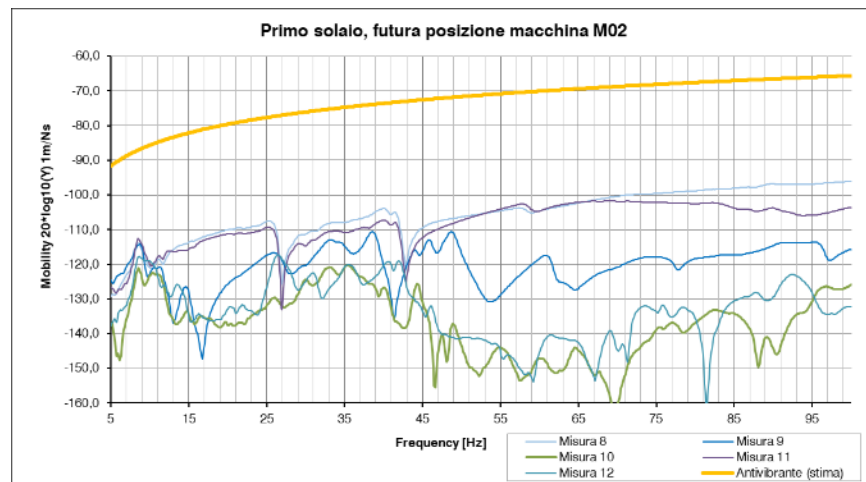
Misure vibrazionali lato ricevitore e trasmittente forniscono informazioni aggiuntive sulla capacità di isolamento sonoro dei vari componenti del divisorio e consentono di dare le giuste priorità e i giusti sistemi di protezione acustica.



Caso studio 1 – spostamento macchine produzione

Un cliente chiede consulenza per spostamento di macchine pesanti 4 tonnellate su nuovo solaio dal piano terra al piano primo del capannone, e in zona ora adiacente ad uffici. La campagna predispone:

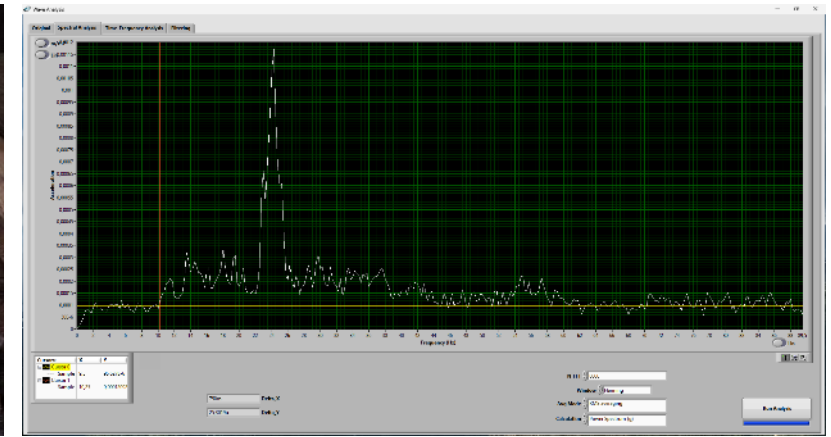
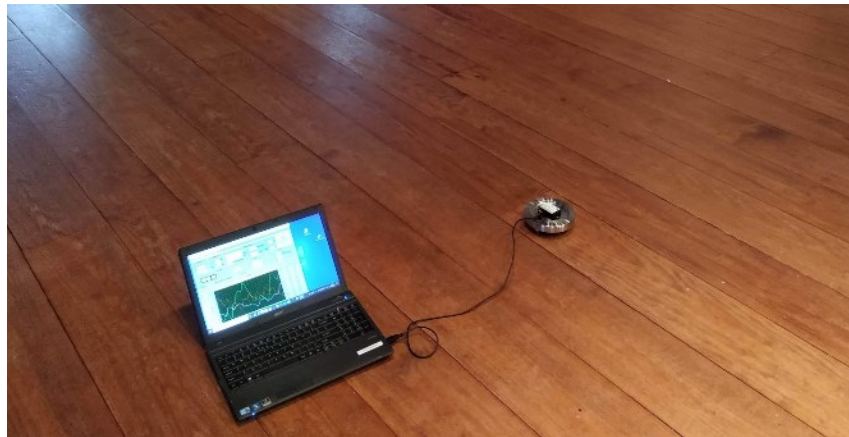
- Misure vibrazionale su macchinario, al di sopra e al di sotto degli AVM. Questa evidenza modesta emissione vibrazionale e buona resa AVM.
- Misure e analisi delle frequenze naturali e rigidezza del solaio al piano, confronto con rigidezza AVM. Buon rapporto di rigidezza solaio/AVM.



- Con i dovuti accorgimenti, il cliente può installare le macchine al piano senza recare disturbo ai dipendenti negli uffici.

Caso studio 2 – opere fascia ferrovia richieste RFI

A seguito di cambio di destinazione d'uso in fascia ferroviaria, RFI richiede a cliente uno studio vibrazionale di 48h secondo UNI 9916 e UNI 9614. Installiamo due vibrometri, uno in facciata a distanza minore dalla ferrovia su un nodo strutturale rigido, e uno a pavimento.



- L'analisi per oltre 24 ore mostra adempienza ai valori limiti delle normative.
- Il cliente prosegue con i lavori e non lamenterà disturbo da vibrazioni dovuto al traffico ferroviario.

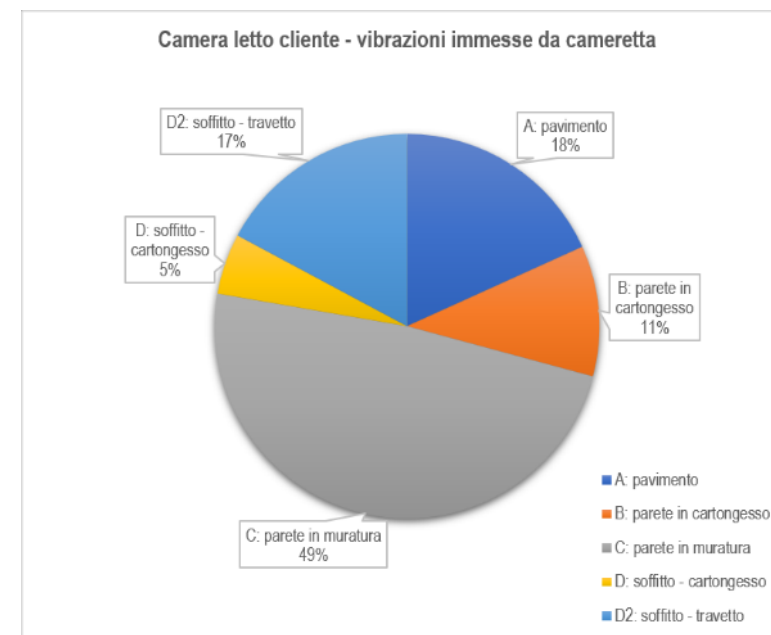
Caso studio 3 – diagnosi e progetto bonifica isolamento acustico camera letto

Il cliente chiede una diagnosi accurata di come si potrebbe migliorare l'isolamento acustico dalla camera del vicino di casa alla sua camera da letto. L'edificio tradizionale Italiano non ha un buon isolamento alle basse frequenze

Si esegue un collaudo acustico del valore $R'(f)$ con dodecaedro e fonometro.

Si aggiunge un subwoofer e si studia l'immissione del vibrazioni alle basse e medie frequenze sulle 6 facce della stanza ricevente.

- L'analisi permette di definire quali sono gli elementi che iniettano più rumore al ricevente
- Si definisce l'ordine di priorità degli interventi lato ricettore.

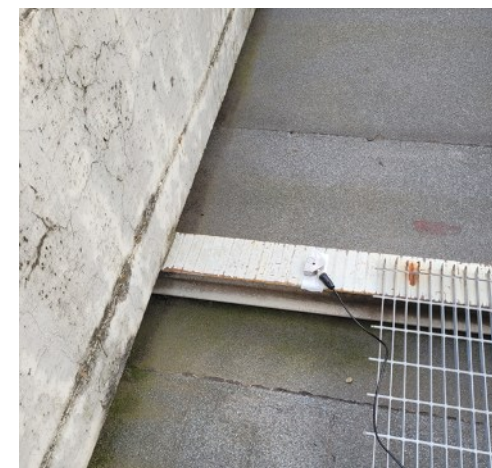
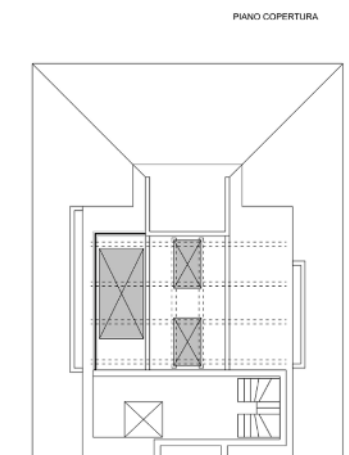


Caso studio 4 – diagnosi e progetto bonifica impatto acustico macchinario

Il cliente chiede una diagnosi accurata di come abbattere il rumore a bassa frequenza che un chiller montato in copertura inietta nell'appartamento direttamente sottostante

Si esegue una valutazione di impatto acustico con fonometro.

Si aggiunge una analisi vibratoria alle basse e medie frequenze sul macchinario, sulle tubazioni e sulle 6 facce della stanza ricevente.

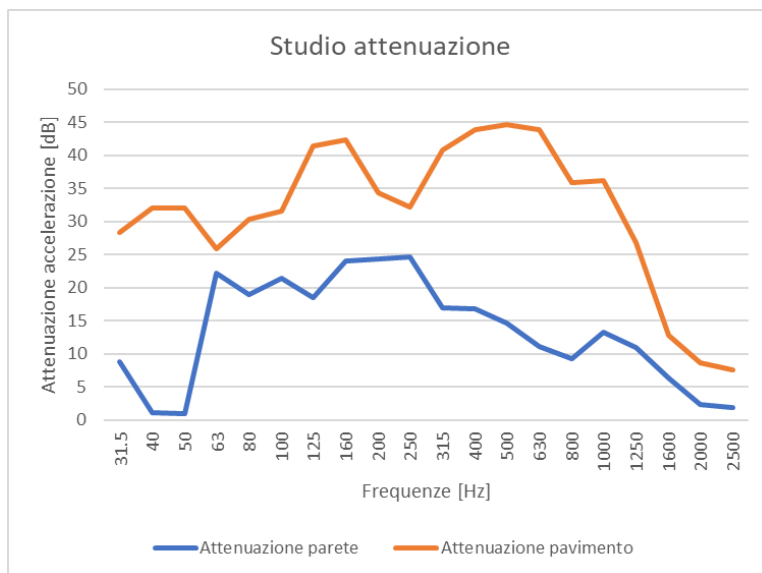


- L'analisi permette di definire quali sono gli elementi che iniettano più rumore al ricevente
- Si definisce l'ordine di priorità degli interventi sul macchinario e si propongono interventi sul ricettore.

Caso studio 5 – perizia immissioni da un macchinario di un artigiano

Il cliente chiede una diagnosi accurata per capire se c'è un esubero dei limiti di immissione delle vibrazioni e come abbattere le vibrazioni di un macchinario, questo è in un capannone affianco ad un ufficio di terzi

Si esegue una analisi vibratoria sul macchinario, le sue componenti e sulle 6 facce della stanza ricevente.



- L'analisi permette di definire se ci sono criticità rispetto a UNI 9916
- Si definisce l'ordine di priorità degli interventi sul macchinario e si propongono interventi sul ricettore.

Caso studio 6 – studio acustico e vibrazionale su Panfilo 50m in alluminio

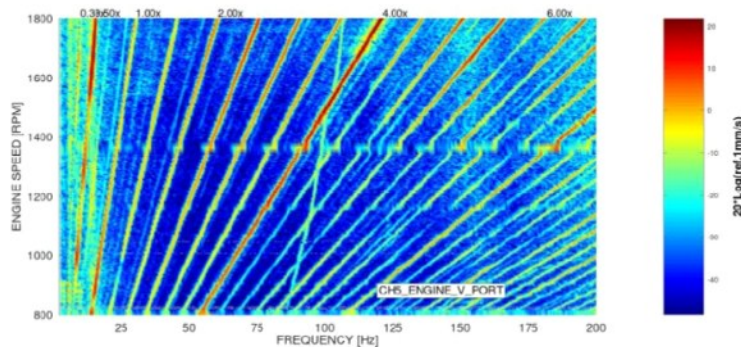
L'armatore non è soddisfatto del comfort a bordo, richiede un significativo miglioramento nel Suo ufficio e nella Master cabin.

Si esegue una campagna di misura dei valori N&V nelle cabine. Si conducono misure vibrazionali sul sistema di propulsione.

Si esegue perizia sul sistema di ventilazione.

In collaborazione con azienda esperta in sistemi resilienti, si sostituiscono i cofani, si interviene sui basamenti e sugli anti-vibranti.

Si ridimensionano le condotte di ventilazione e le si progetta acusticamente.



- I livelli vibrazionali, che inizialmente ammontavano a 5 mm/s in sala macchine, si riducono a 0.4 mm/s post-intervento.
- I diversi interventi riducono il livello di rumore in navigazione di 17 dB nell'ufficio, e all'ancora di 6 dB nella Master cabin.

Vari casi studio – diagnosi altri impianti

Nella nostra esperienza la corretta misura e analisi delle vibrazioni indotte diventa molto utile quando si deve studiare un piano tecnico delle opere di bonifica per il rumore immesso verso le abitazioni da parte di (la lista non è completa):

- Ascensori
- Termopompe, sistemi geotermici, pompe di ricircolo
- Ventilatori delle cappe delle cucine
- Ventilatori industriali
- Chiller e UTA

