

La misura del rumore

Andrea Cerniglia
hilbert@venus.it

(Estratto da RCI, anno XXV N. 12, dicembre 1998, Tecniche Nuove)

Nell'affrontare una misura di rumore, si devono spesso chiarire alcuni dubbi circa la strada da intraprendere : dalla scelta della strumentazione più adatta, alla definizione del modo di procedere nella misura.

Il rumore può essere misurato in modi diversi, funzione del tipo di informazione che si desidera ottenere. A seconda dello scopo della misura è quindi opportuno fare alcune considerazioni preventive, al fine di eseguire un rilievo che sia significativo e che fornisca tutti i dati cercati. Spesso, inoltre, una successiva nuova misurazione che si dovesse rendere necessaria perché la prima non ha permesso di ottenere quanto atteso, oltre ad essere certamente onerosa, non è comunque sempre possibile per problemi organizzativi o di altro tipo.

SCOPO DELLA MISURA

A monte di ogni misurazione è indispensabile chiarire cosa esattamente ci si aspetta dall'indagine che si sta per eseguire. Sono diversi infatti, gli approcci per la verifica del rumore emesso da una installazione, per la misura della potenza sonora, per la valutazione del disturbo arrecato alla comunità, per l'indagine mirata alla risoluzione di un problema oppure al miglioramento di un prodotto. Inoltre è necessario verificare se, per la misura da affrontare, esistono norme tecniche e/o norme giuridiche che, oltre a definire il modo di procedere, prescrivono anche determinati requisiti per la strumentazione da utilizzarsi, per il posizionamento del microfono, per il periodo in cui effettuare la misura, eccetera. Alla luce di quest'ultimo punto, va segnalato che non è ovviamente possibile illustrare in poche pagine il modo di operare relativo ad ogni tipologia di indagine; questo articolo ha quindi unicamente lo scopo di fornire alcune indicazioni di carattere generale, per le quali deve comunque essere sempre verificata la compatibilità con le eventuali norme tecniche e giuridiche che si possono incontrare nelle diverse applicazioni specifiche.

SCelta DELLA STRUMENTAZIONE

Gli strumenti per la misura del rumore possono essere di vario tipo e di diverse classi di precisione, come già ampiamente discusso nel numero di agosto '98 di RCI. Nel caso in cui non vi siano prescrizioni in merito, dettate dalle norme, è possibile utilizzare un fonometro non integratore per la misura di rumori di tipo continuo, mentre si impone la scelta di un fonometro integratore per i fenomeni variabili nel tempo. E' tuttavia bene ricordare, che la quasi totalità delle norme prevedono comunque l'utilizzo di un fonometro integratore di classe 1. Ovviamente quest'ultimo tipo di fonometro può essere utilizzato, oltre che per fenomeni variabili, anche per fenomeni di tipo stazionario. Per alcune applicazioni, in presenza di fenomeni variabili, può essere interessante ottenere anche il tracciato temporale del livello di rumore, al fine di verificare l'emissione nei diversi momenti della misura. La figura 1 mostra un tracciato relativo ad un rumore variabile, su un periodo di 10 secondi, effettuato trasferendo i dati acquisiti dal fonometro, su un personal computer dotato di apposito software.

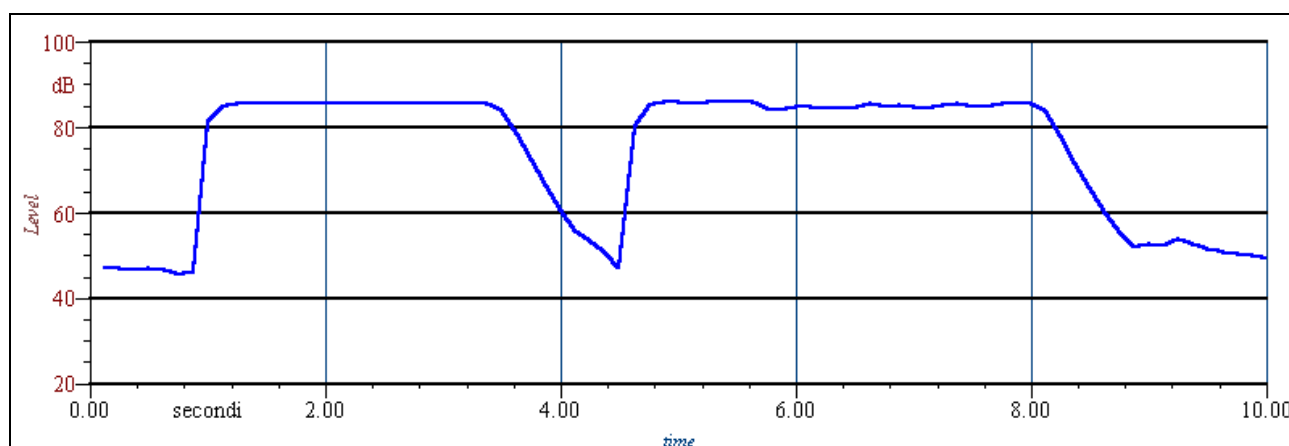


figura 1 : Andamento temporale del livello di rumore su un periodo di 10 secondi, eseguito per mezzo del software Noise&Vibration Works. Il tracciato consente di evidenziare la variabilità del fenomeno acustico.

Qualora la misura debba fornire anche informazioni circa il contenuto spettrale del rumore, è necessario utilizzare uno strumento dotato di filtri in banda di ottava o in banda di un terzo di ottava, a seconda del grado di raffinatezza dell'indagine e comunque secondo quanto prescritto dalla norma di riferimento seguita. Sempre nel citato precedente numero della rivista, è stato affrontato il problema della eventuale necessità di disporre di uno strumento in grado di eseguire l'analisi in frequenza in tempo reale, piuttosto che di uno strumento dotato di semplici filtri sequenziali. La figura 2 mostra un'analisi in banda di 1/3 di ottava. Laddove è poi necessario conoscere con estrema precisione la frequenza di una componente tonale particolare (ad esempio in laboratorio per il miglioramento di un prodotto o per la soluzione di un problema), è possibile eseguire una analisi in frequenza ancora più selettiva come ad esempio la Fast Fourier Transform. In questo caso è quindi possibile ottenere risoluzioni anche nell'ordine di frazioni di Hertz, al fine di discriminare fenomeni che si presentano a frequenze molto vicine tra loro.

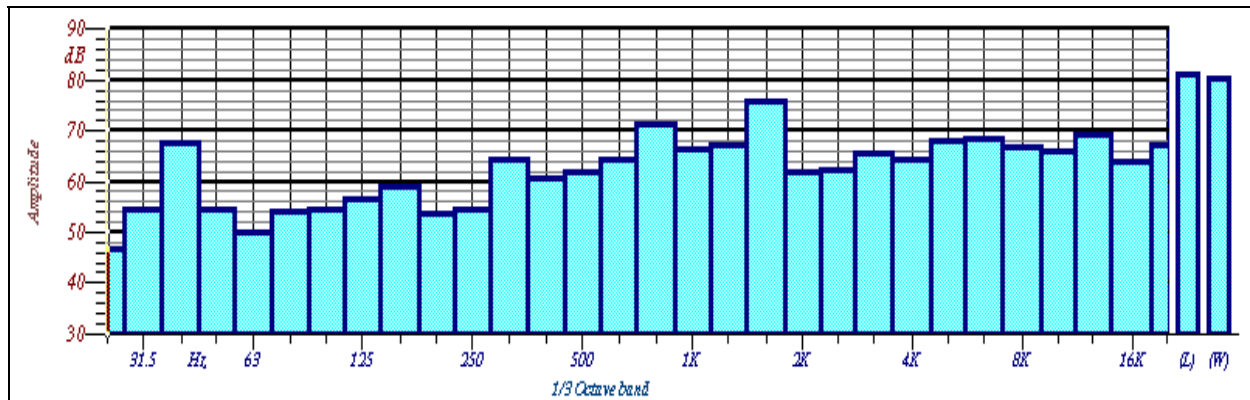


figura 2 : Analisi in frequenza in banda di 1/3 di ottava eseguita per mezzo di un analizzatore in tempo reale e rappresentata per mezzo di un programma dedicato.

DETERMINAZIONE DELLA POSIZIONE DI MISURA

La quantità di rumore rilevabile in un punto dipende, oltre che dalla potenza sonora e dalle caratteristiche delle sorgenti presenti, anche dalle caratteristiche acustiche dell'ambiente in cui viene eseguita la misura e dalla posizione in cui quest'ultima viene effettuata. E' quindi evidente che, in funzione del tipo di dato cercato, particolare attenzione deve essere posta nella scelta del punto di rilievo. Se ad esempio lo scopo della misura è la valutazione del disturbo che perviene all'orecchio dell'operatore di un impianto, la misurazione deve essere effettuata ad impianto installato, nella posizione normalmente occupata dell'orecchio dell'operatore. Se invece il problema consiste nella valutazione del disturbo recato da un'installazione alla comunità, è necessario eseguire la misura in prossimità dell'impianto per valutarne l'emissione, e nel luogo disturbato per rilevarne l'immissione. O ancora, se la misura è volta a quantificare la rumorosità di una macchina, il rilievo deve avvenire in punti significativi, situati in prossimità della macchina in esame. Anche nel caso della scelta del punto di misura, molto spesso la norma seguita fornisce precise indicazioni circa il punto in cui posizionare il microfono.

NOTE SUL CAMPO SONORO

Per meglio comprendere il campo sonoro che si crea nelle vicinanze di una sorgente di rumore, la figura 3 mostra il comportamento del suono in un ambiente confinato : la zona più prossima alla sorgente di rumore prende il nome di campo vicino ed è determinata da 2 volte la dimensione massima della macchina o dalla lunghezza d'onda della frequenza più bassa. Nella zona di campo vicino, la lettura fonometrica può variare, anche notevolmente, in funzione della posizione di misura. Questo fenomeno accade a causa del campo reattivo dovuto all'interferenza dell'onda acustica con la sorgente stessa (parte sinistra del grafico); per questo motivo è bene evitare di eseguire misure troppo vicino alla sorgente. La rimanente zona, situata tra il campo vicino e la parete, prende il nome di campo lontano, il quale a sua volta si

divide in campo libero e campo riverberante. Nella zona di campo libero la lettura del fonometro è sostanzialmente dipendente dalla distanza (vale quindi la legge del decremento di 6 dB al raddoppio della distanza, come mostrato dalla parte lineare della curva rappresentata). Avvicinandosi alla parete si giunge poi alla zona di campo riverberante, in cui la lettura fonometrica è dovuta alla somma dell'onda diretta e dell'onda riflessa dalla parete (la forbice mostrata nella parte destra del grafico, evidenzia questo comportamento). Ovviamente in un ambiente piccolo, potrebbe non esistere la zona di campo libero o potrebbe presentarsi un campo acustico dato dalla combinazione del campo vicino e del campo riverberante. Vale inoltre la pena ricordare che, in linea generale, le frequenze elevate sono dotate di spiccate doti di direttività, mentre invece le frequenze più basse tendono a propagarsi uniformemente in tutte le direzioni. In quest'ottica è quindi necessario valutare se eseguire una singola misura, oppure più rilievi intorno alla macchina.

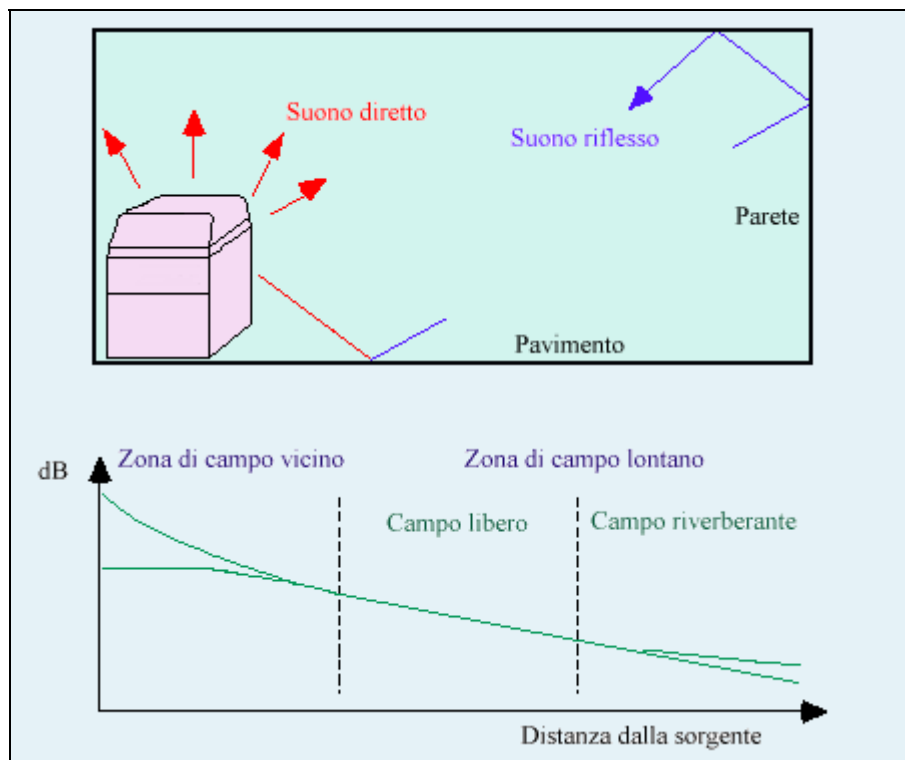


figura 3 :Comportamento del rumore all'interno di un ambiente. Il grafico inferiore mostra l'andamento della lettura fonometrica in funzione della distanza, per il campo vicino, il campo libero ed il campo riverberante.

In ambienti poco assorbenti ed in presenza di spiccate componenti tonali, si manifesta inoltre il fenomeno delle onde stazionarie. In questo caso, spostandosi con il microfono lungo la direzione in cui il fenomeno si evidenzia, si incontra una sequenza di minimi e massimi di rumore. In presenza di onde stazionarie, la distanza tra due massimi (o tra due minimi) è pari a mezza lunghezza d'onda. Tra i vari fenomeni riscontrabili durante l'esecuzione di una misura vale la pena citare anche il fenomeno del battimento. Tale situazione si verifica nel caso in cui siano presenti due componenti tonali molto vicine tra loro (ad esempio dovute a due ventilatori che girano pressappoco allo stesso numero di giri), le quali si sommano dando luogo

alternativamente ad un reciproco rinforzo, seguito da una mutua cancellazione. In presenza di battimento si rileva, e si percepisce anche ad orecchio, una fluttuazione del rumore, il quale varia di livello con una frequenza pari alla differenza delle frequenze delle singole componenti (nel caso di 2 fenomeni la cui differenza della frequenza fosse pari a 0.5 Hz, il livello oscillerebbe con un periodo di 2 secondi). Nel caso in cui si incorra quindi in queste situazioni è bene capire a fondo la causa del fenomeno ‘anomalo’, al fine considerarne opportunamente gli effetti.

ORIENTAMENTO DEL MICROFONO

I microfoni per la misura del rumore sono essenzialmente di due tipi: microfoni per campo libero e microfoni per incidenza casuale. I primi forniscono una misura corretta in quelle situazioni in cui la direzione di provenienza del rumore è ben definita, ed è perpendicolare alla membrana. Gli altri sono invece adatti alle situazioni in cui il rumore arriva da tutte le direzioni. Intendiamoci, questo non vuole dire che il microfono per campo libero sia un microfono direzionale, in grado di ‘sentire’ solo il suono che proviene da una certa direzione. Entrambi i microfoni sono omnidirezionali, ma forniscono un dato accurato solamente se utilizzati in modo appropriato. La figura 4 mostra il corretto utilizzo del microfono per campo libero utilizzato appunto nella condizione per cui è stato progettato.

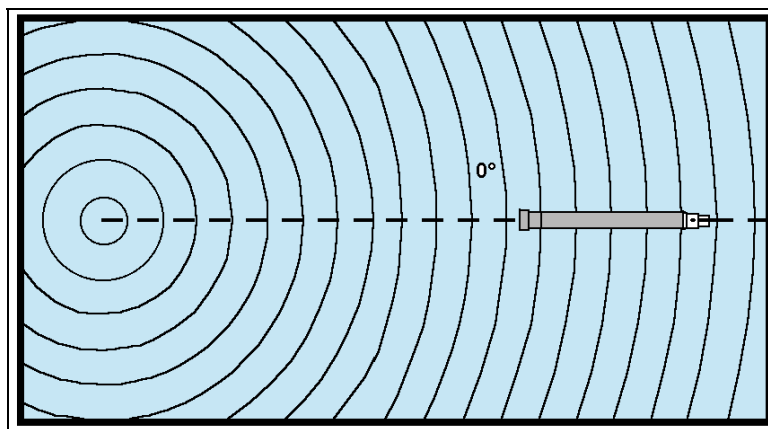


figura 4 : In condizioni di campo libero, il relativo microfono deve essere direzionato verso la sorgente di rumore

Nel caso in cui, sempre in campo libero, venisse invece utilizzato un microfono ad incidenza casuale, è necessario che quest'ultimo sia orientato con un angolo di 70-80° rispetto alla sorgente di rumore ; diversamente si incorrerebbe in una sovrastima del fenomeno acustico. La figura 5 è relativa all'utilizzo di un microfono ad incidenza casuale in presenza di campo libero.

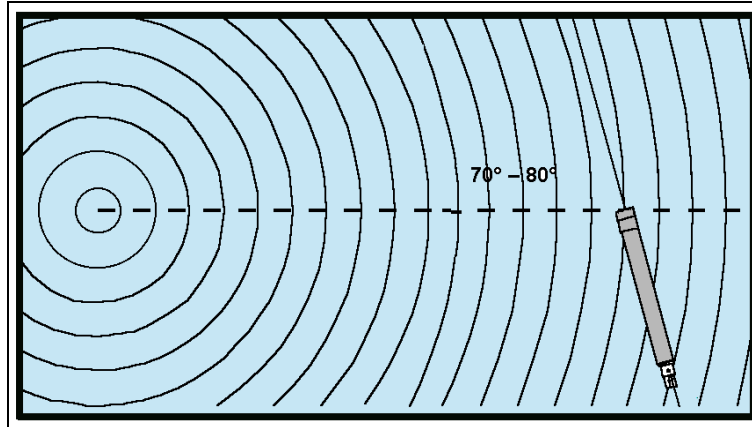


figura 5 : In condizioni di campo libero, se viene utilizzato un microfono per campo diffuso, questo deve essere orientato con un angolo di circa 70-80° rispetto alla sorgente di rumore.

In presenza di campo diffuso l'orientamento del relativo microfono è invece indifferente ; in questa condizione è comunque opportuno, qualora sia identificata una sorgente preponderante di rumore, utilizzare il citato orientamento di 70-80° rispetto a quest'ultima . Tra le caratteristiche indicate nei dati tecnici dei diversi microfoni, viene generalmente riportata la curva di risposta in frequenza in funzione del tipo di incidenza. L'eventuale errore dovuto alla tipologia di microfono utilizzato diventa comunque significativo solo nelle situazioni in cui il rumore è prevalentemente a frequenza elevata. Anche per quanto riguarda il microfono è in ogni caso necessario controllare le eventuali prescrizioni indicate dalle norme, su come comportarsi nella scelta e nell'utilizzo, in funzione del campo acustico presente.

DETERMINAZIONE DELLA DURATA DELLA MISURA

Nel caso in cui il rumore da misurare sia di tipo costante, non esistono particolari problemi circa la durata della misura. Infatti, se il rumore è stazionario, anche la lettura sullo strumento avrà oscillazioni minime e l'eventuale livello equivalente calcolato da un fonometro integratore si stabilizzerà in un tempo relativamente breve. Diverso è il caso in cui si è in presenza di un rumore variabile. In quest'ultima situazione è infatti necessario scegliere opportunamente la durata dell'acquisizione, affinché il dato raccolto sia rappresentativo. Normalmente la misura viene eseguita nelle normali condizioni di funzionamento dell'impianto, comprendendo le varie fasi di ciclicità del rumore, per un periodo che sia sufficientemente lungo, tale da consentire la stabilizzazione del livello equivalente. Ovviamente, per scopi di ricerca, può essere interessante valutare il rumore anche nelle singole fasi di un ciclo macchina, proprio per evidenziare i componenti più rumorosi e prendere quindi le dovute contromisure.

INFLUENZA DI FATTORI ESTERNI

La misurazione del rumore può essere influenzata da una serie di parametri quali ad esempio la pressione barometrica, la presenza dell'operatore nelle vicinanze del misuratore, la presenza di aria in movimento. Allo scopo di minimizzare l'influenza dei citati elementi, è possibile adottare una serie di accorgimenti appropriati. Per quanto riguarda l'influenza della pressione barometrica, è bene rammentare che questa può incidere sulla calibrazione dello strumento ; è quindi opportuno riferirsi alle apposite tabelle, fornite dal costruttore, per valutare le eventuali correzioni da apportare in fase di calibrazione. Per evitare che la presenza dell'operatore crei effetti schermanti rispetto al rumore (con evidente sottostima del valore rilevato) oppure riflessioni indesiderate (in questo caso la misura verrebbe naturalmente sovrastimata), è necessario che l'operatore si posizioni ad una distanza tale da non perturbare il campo acustico. Una recente norma in materia di inquinamento acustico prescrive ad esempio l'utilizzo di un cavo di prolunga da interporre tra microfono e strumento, tale da consentire all'operatore di porsi ad una distanza non inferiore a 3 metri. Al fine di ridurre l'effetto disturbante dovuto al movimento dell'aria, è invece possibile utilizzare la palla antivento: una apposita protezione spugnosa da apporre sul microfono che, oltre a ridurre sibili e turbolenze dovute al flusso d'aria in prossimità dello stesso, lo protegge anche dalla polvere e, per quanto possibile da urti accidentali (non dimentichiamo che un microfono di misura ha un costo generalmente superiore al milione di lire). In presenza di movimento dell'aria è facile incorrere comunque in errori non trascurabili, nonostante l'utilizzo della palla antivento; in letteratura sono disponibili tabelle e grafici che mostrano il livello di rumore indotto, in funzione delle diverse velocità dell'aria. Anche umidità e temperatura possono influenzare la misura, questo avviene però in condizioni meteorologiche estreme, oppure quando si eseguono rilievi in ambiente esterno, a grandi distanze dalla sorgente.

INFLUENZA DEL RUMORE DI FONDO

Nel caso di misurazioni in presenza di rumore di fondo elevato, in alcune tipologie di indagine ed in determinate condizioni, è possibile operare una sorta di correzione sul dato misurato, al fine di depurarlo dell'errore dovuto al rumore estraneo all'installazione in esame. Per potere eseguire la correzione per l'effetto del rumore di fondo, è naturalmente necessario eseguire una seconda misura relativa solo a quest'ultimo. La depurazione può essere condotta per via analitica (trasformando i dB in Pascal, calcolando la differenza tra i due valori, e ricavando nuovamente i decibel), oppure più semplicemente per via grafica come illustrato indicativamente in figura 6. Va comunque precisato che tale correzione può essere operata solo quando la differenza tra i due valori misurati è superiore a 3 decibel, in quanto, per valori inferiori, è possibile incorrere in errori rilevanti (infatti se la differenza è inferiore a 3 dB, significa che la sorgente in prova ha un livello inferiore al rumore di fondo. In questo caso, come è possibile vedere dal grafico, ci si troverebbe ad operare in zone

della curva in cui piccole variazioni sulle ascisse comporterebbero grandi spostamenti sull'ordinata) . Nei casi in cui la differenza superi i 10-15 dB si tende invece a trascurare l'effetto del rumore di fondo che, come appare dal grafico, influisce minimamente sul dato finale.

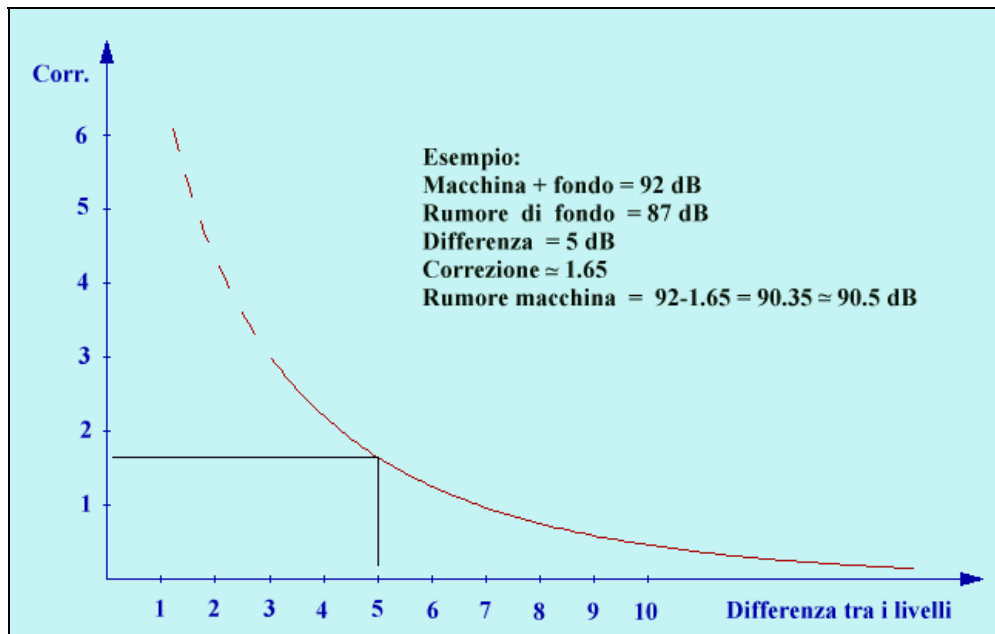


figura 6 : Grafico per la sottrazione di decibel. In ascissa è riportata la differenza tra la misura della macchina comprensiva del rumore di fondo, e la misura del solo rumore di fondo. In ordinata appare il valore da sottrarre aritmeticamente alla misura globale, per ottenere il dato depurato.

ESECUZIONE DELLA MISURA

Prima di iniziare il rilievo è necessario procedere alla calibrazione della catena di misura. Tale operazione si esegue per mezzo di una sorgente di riferimento, chiamata appunto calibratore, la quale consente di verificare che lo strumento misuri effettivamente il valore corretto. Piccoli scostamenti dal valore atteso possono venire compensati per mezzo di una procedura di regolazione. Deviazioni più ampie devono invece indurre a supporre che qualche cosa non funzioni correttamente, oppure che qualche impostazione non sia regolata in modo appropriato. La calibrazione deve inoltre essere ripetuta al termine della misura (ed eventualmente in momenti intermedi, se la misura ha notevole durata), al fine di verificare che tutto si è mantenuto nei limiti previsti. Molte norme richiedono inoltre che la strumentazione da utilizzarsi venga tarata da un laboratorio riconosciuto, ad intervalli di tempo regolari; in questo caso è opportuno accludere i certificati di taratura al report di misura. Una volta definiti con precisione i punti precedentemente esposti, è possibile procedere quindi alla misura propriamente detta. Per quanto banale possa sembrare, una causa abbastanza comune che porta ad eseguire nuovamente la misura, è data dalla incompletezza dei dati a corredo di quest'ultima. E' infatti fondamentale che, oltre ad eseguire una misura corretta, venga presa nota con precisione delle impostazioni selezionate nel fonometro, del punto in cui la misura è stata effettuata,

delle condizioni di funzionamento della macchina in esame, delle eventuali altre sorgenti presenti, eccetera. Tutti questi parametri andranno poi a completare il report di misura, e consentiranno quindi di caratterizzare completamente il dato al quale si è pervenuti.

CONCLUSIONI

Come certamente è emerso dai paragrafi precedenti, la misura del rumore può celare diversi aspetti che, se trascurati, possono portare a ricavare risultati errati. Con i suggerimenti riportati nell'articolo non si esaurisce certamente un argomento così articolato come quello in oggetto, si spera però di essere riusciti a fornire una panoramica sul modo corretto di impostazione della misura, per la quale, in funzione delle problematiche che di volta in volta si incontreranno, sarà possibile trovare in letteratura ampi approfondimenti specifici.

BIBLIOGRAFIA

M. Harris, 'Manuale di controllo del rumore', Tecniche Nuove, Milano, 1983
M. Vigone, 'Progettare il silenzio', Hoepli 1985
A. Cerniglia, 'Misure acustiche : nuovi traguardi', RCI anno XXV n. 8, Tecniche Nuove
Larson & Davis 2800 Training Manual, Larson & Davis inc.

Spectra technical internet home page, <http://www.spectra.it/docum.htm>