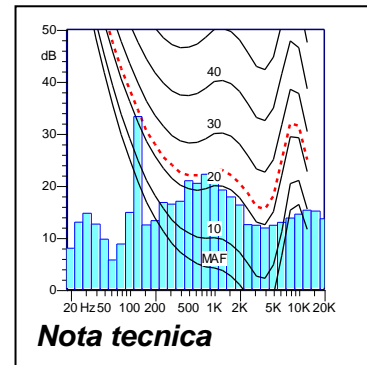


Riconoscimento delle componenti tonali (DM 16-03-98)



Alberto Armani
Ottobre 2013
(Revisione 2024)

Premessa

Estratto dal DM 16-03-98 Allegato B Paragrafo 10

Riconoscimento di componenti tonali di rumore

Al fine di individuare la presenza di Componenti Tonalì (CT) nel rumore, si effettua un'analisi spettrale per bande normalizzate di 1/3 di ottava. Si considerano esclusivamente le CT aventi carattere stazionario nel tempo ed in frequenza. Se si utilizzano filtri sequenziali si determina il minimo di ciascuna banda con costante di tempo Fast. Se si utilizzano filtri paralleli, il livello dello spettro stazionario è evidenziato dal livello minimo in ciascuna banda. Per evidenziare CT che si trovano alla frequenza di incrocio di due filtri ad 1/3 di ottava, possono essere usati filtri con maggiore potere selettivo o frequenze di incrocio alternative.

L'analisi deve essere svolta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 20 kHz. Si è in presenza di una CT se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti per almeno 5 dB. Si applica il fattore di correzione KT come definito al punto 15 dell'allegato A, soltanto se la CT tocca una isofonica eguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro. La normativa tecnica di riferimento è la ISO 266:1987.

A molti anni dall'entrata in vigore del DM 16 marzo 1998 e con una maggiore esperienza scaturita dall'esame delle varie situazioni di criticità nell'applicazione del criterio per il riconoscimento delle componenti tonali, sono state aggiunte al software NoiseWorks alcune funzionalità utili per fornire all'operatore esperto uno strumento d'indagine più versatile per questo tipo di ricerca.

La misura per il riconoscimento delle componenti tonali

Mentre in fisica acustica, la definizione di componente tonale corrisponde ad una energia sonora, totalmente concentrata su una singola componente in frequenza, quando invece parliamo di riconoscimento di componente tonale, finalizzata alla valutazione del maggiore disturbo in genere associato a questo tipo di sorgente sonora, dobbiamo considerare con attenzione i criteri ed i metodi di misura richiesti dalle normative, dai regolamenti o dalle specifiche leggi applicabili.

La misura finalizzata al riconoscimento delle componenti tonali è solitamente eseguita per valutare una penalizzazione da attribuire al rumore misurato e per tale scopo sono state studiate negli anni, vari tipi di procedure normalizzate che però, nell'ottica di realizzare metodi di misura ed analisi veloci e semplificati, sono caratterizzati da alcune inevitabili limitazioni.

Per esaminare questa situazione più in dettaglio dobbiamo prendere in considerazione il riferimento normativo costituito dal Decreto 16 marzo 1998, relativo alle 'Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico' e specificamente ai capoversi 10 : Riconoscimento di componenti tonali di rumore ed 11 : Presenza di componenti spettrali in bassa frequenza .

Nella pratica della misura, tenendo in considerazione le richieste del Decreto, si dovranno eseguire misure in bande di 1/3 d'ottava, confrontando il livello del tono con le componenti spettrali circostanti, utilizzando una strumentazione con le seguenti caratteristiche:

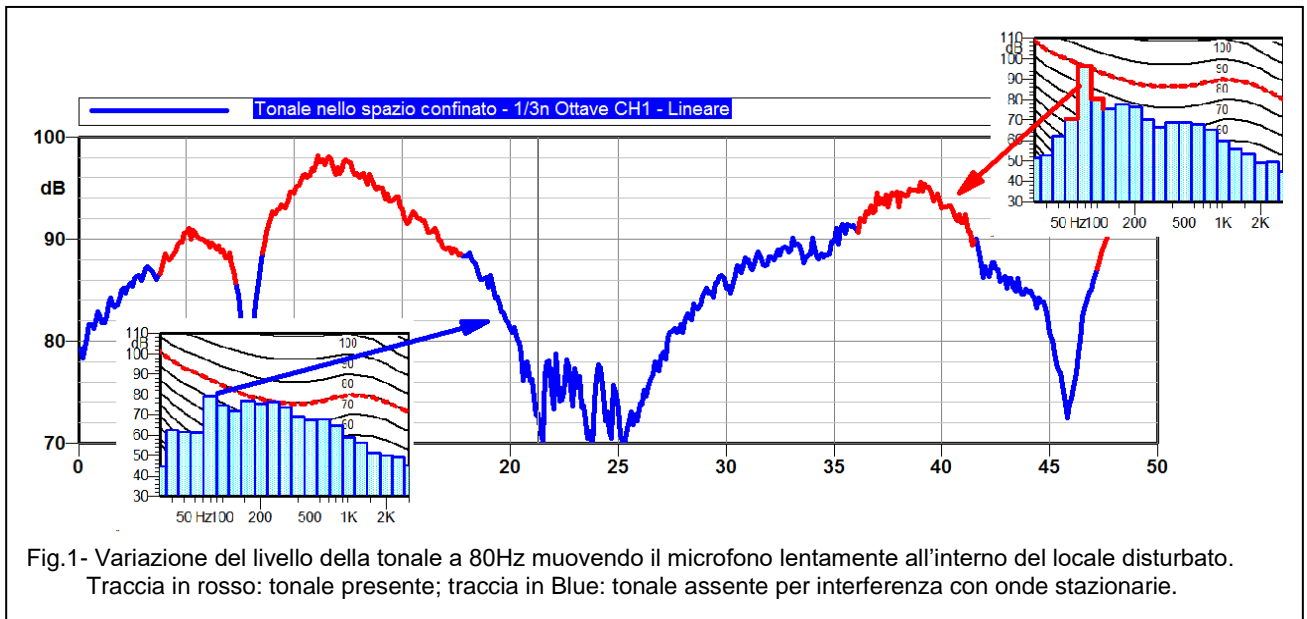
Fonometro integratore in classe 1 conforme alle IEC 61672 (corrispondenti alle vecchie EN 60651/1994 e EN 60804/1994 ormai ritirate) dotato di filtri paralleli ad 1/3 d'ottava conformi alla EN 61260/1993 (IEC 61260) per analisi da 20 Hz a 20 kHz.

Fonometro microfono, calibratore e filtri a 1/3 d'ottava, dovranno essere corredati di certificato di taratura valido ovvero del costruttore per i primi due anni ed a seguire quello rilasciato da un centro di taratura LAT, accreditato dall'ente nazionale preposto Accredia.

Con queste premesse, possiamo elencare nei seguenti 6 passi, tutte le procedure necessarie per procedere nella ricerca delle componenti tonali:

1. Ricerca della posizione del livello massimo della componente tonale individuata sullo spettro dell'analisi in tempo reale eseguita in bande di 1/3 d'ottava con costante fast.
2. Posizionamento del microfono nel punto precedentemente individuato e lontano dall'operatore di almeno 3 metri.
3. Esecuzione della misura con una analisi in bande di 1/3 d'ottava tra 20 Hz e 20kHz, senza pesature in frequenza e con costante di tempo Fast; la durata sarà scelta in relazione al funzionamento della sorgente di disturbo.
4. Memorizzazione dello spettro dei minimi in Fast, relativi a ciascuna banda di frequenza.
5. Riconoscimento delle componenti tonali come bande di 1/3 d'ottava, il cui livello supera di almeno 5 dB il livello delle bande adiacenti.
6. Confronto dello spettro dei minimi con le curve isofoniche della norma ISO 226/87; se una delle componenti tonali tocca una isofonica uguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro, viene applicato il fattore correttivo $K=3$ dB al rumore ambientale. ($K=6$ se la componente tonale è su bande inferiori ai 200 Hz e presente nel periodo notturno 22-06)

In ambienti confinati ricordiamo quello che nel Decreto viene riportato, ma sovente dimenticato nell'esecuzione delle misure, ovvero che in presenza di onde stazionarie il microfono deve essere posto in corrispondenza del livello massimo di pressione sonora della componente sonora di cui si desidera dimostrare la presenza; questo logicamente comporta una adeguata ricerca preventiva per individuare la posizione di misura richiesta.... (operazione che raramente viene eseguita!).



L'esempio descritto nel grafico di Fig.1 riporta la time history di una componente tonale posta attorno agli 80 Hz in relazione ad una scansione eseguita muovendo il microfono lentamente all'interno dell'ambiente disturbato; dal profilo del livello nel tempo, si possono facilmente osservare le variazioni introdotte dalla presenza delle onde stazionarie, che superano i 20 dB e che indicano che in alcuni punti dell'ambiente la componente tonale a 80 Hz, quasi si annulla.

Nel grafico, la traccia del profilo in rosso si riferisce alle posizioni in cui la tonale è rilevabile secondo il DM 16-03-98, mentre la traccia in blue si riferisce alle posizioni dove la tonale crolla di livello essendo nelle vicinanze di un nodo dell'onda stazionaria oppure perché mascherata da una isofonica sostenuta da componenti di maggior livello a frequenze superiori.

Tutto questo indica che in ampie zone nell'ambiente di misura non è possibile ottenere il riconoscimento della tonale sebbene questa sia presente e percepibile ma che si deve sempre procedere ad una attenta ricerca della posizione di misura spostandosi con il fonometro fino ad individuare una zona dove la tonale mostra un livello massimo.

Doveroso ricordare che il metodo imposto dal DM 16-03-98, si propone di individuare le componenti tonali aventi carattere stazionario nel tempo ed in frequenza; questa è la ragione per cui viene utilizzato come base di analisi, lo spettro corrispondente ai minimi rilevati in Fast per ciascuna banda ma come conseguenza questo metodo non può individuare le componenti tonali generate da una sirena di allarme (variazione in frequenza) e fallirà anche se la componente tonale si dovesse interrompere per qualche secondo o frazione di secondo.

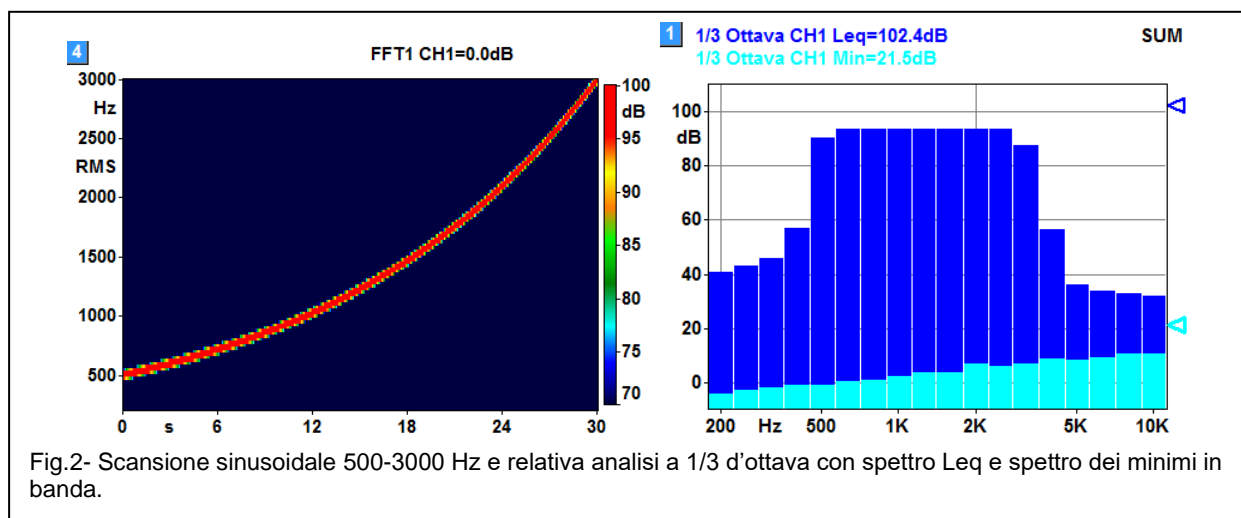


Fig.2- Scansione sinusoidale 500-3000 Hz e relativa analisi a 1/3 d'ottava con spettro Leq e spettro dei minimi in banda.

In Fig.2 viene riportato l'esempio di una lenta scansione in frequenza tra 500 Hz e 3 kHz eseguita in 30 secondi; lo spettrogramma in FFT mostra la graduale scansione logaritmica eseguita mantenendo costante l'ampiezza del segnale, mentre l'analisi spettrale in bande di 1/3 d'ottava evidenzia uno spettro di Leq (barre blue) con ampiezza costante da 500 a 3000 Hz ed uno spettro dei minimi livelli rilevati per ciascuna banda utilizzando la costante Fast (barre azzurre) che corrisponde con il rumore di fondo dell'analizzatore; della sequenza di componenti tonali utilizzate nella scansione non rimane alcuna traccia!

Un esempio di tonale interrotta è descritto in Fig.3 dove la componente evidenziata dal sonogramma alla frequenza di 1 kHz, rimane costante per l'intera durata della misura ma con una breve interruzione di qualche secondo; questa condizione produce uno spettro Leq in 1/3 d'ottava (barre blue) con la presenza evidente della tonale ad 1 kHz ma lo spettro dei minimi in banda (barre azzurre), risente dell'interruzione e risulta anche in questo caso appiattito sul rumore di fondo dell'analizzatore. (Si ricorda che lo spettro Leq non va usato per la ricerca delle tonali!)

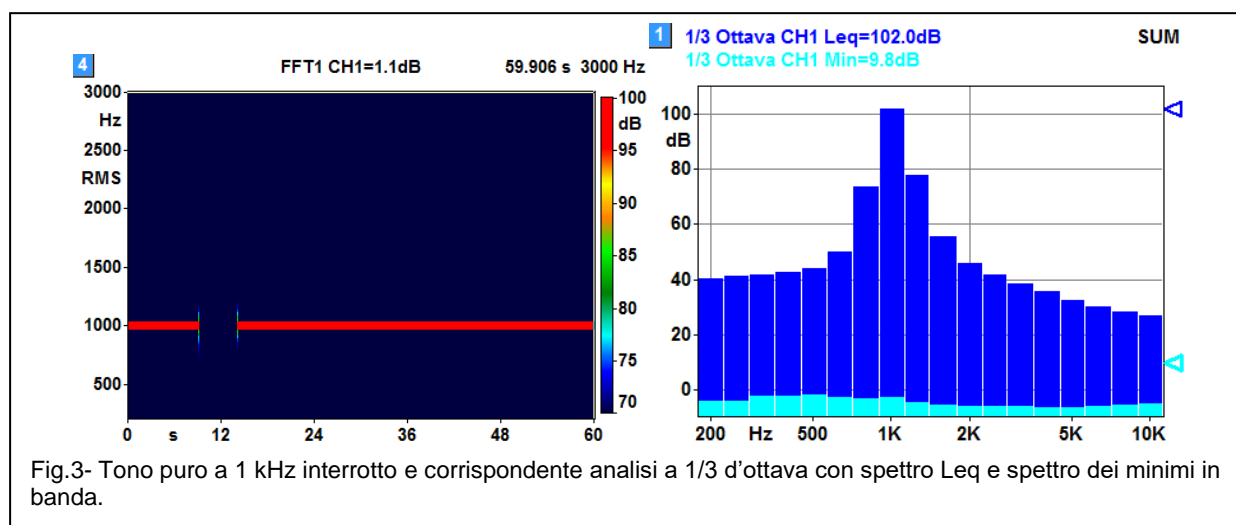
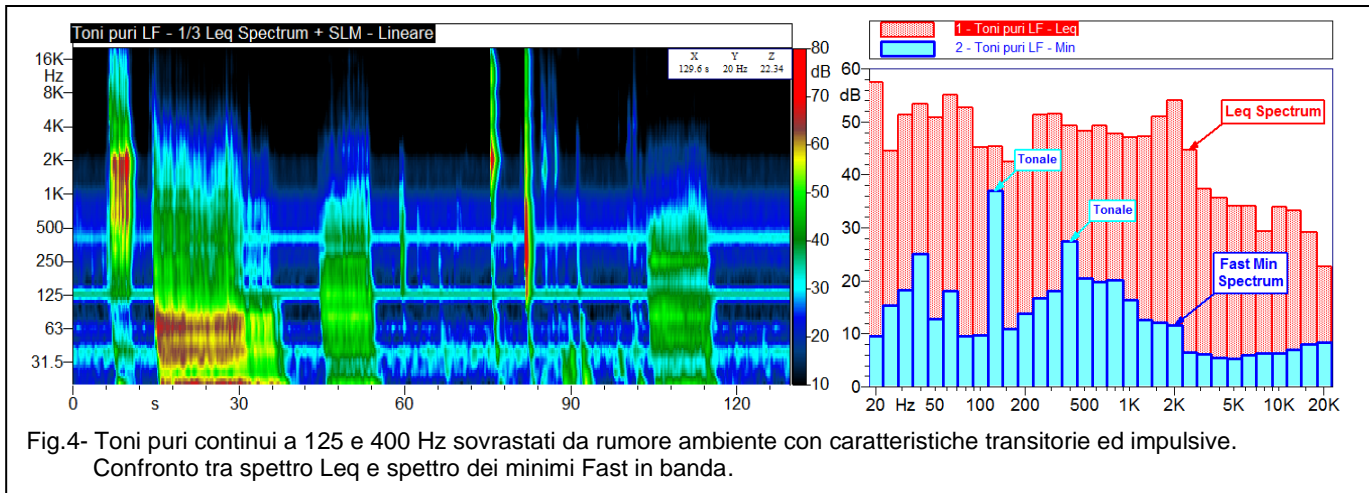


Fig.3- Tono puro a 1 kHz interrotto e corrispondente analisi a 1/3 d'ottava con spettro Leq e spettro dei minimi in banda.

Diversamente, lo spettro dei minimi consente rispetto al corrispondente spettro di Leq, il riconoscimento della presenza di una componente tonale anche nel caso in cui altre componenti dovessero sovrastarla o mascherarla per durate che possono essere anche importanti rispetto al tempo totale della misura.

L'utilità dell'impiego dello spettro dei minimi è quella di poter identificare le tonali anche in un ambiente caratterizzato da rumori di tipo variabile con presenza di transitori ed impulsi quali quelli solitamente comuni in ambiente di vita e che possono momentaneamente mascherare la percezione della tonale, che però diventa poi subito ancora udibile nella sua persistenza non appena termina il transitorio ed anziché ritrovarsi in una condizione di maggior quiete, ci si trova a sentire il riemergere della tonale.

Nel grafico di Fig.4, viene riportato una condizione di rumore comune in ambienti di vita dove il disturbo di un sistema di ventilazione forzata introduce due distinte componenti tonali a 125 e 400 Hz; lo spettrogramma mostra la presenza delle due tonali con delle strisciate di colore verde-azzurro corrispondenti ad un livello di circa 30 - 40 dB e continuamente presenti per l'intera durata della misura; nel periodo di misura possono essere osservati quattro distinti periodi dove la traccia delle due componenti tonali, viene nettamente coperta da eventi di rumore con contenuto spettrale più esteso e con livelli molto superiori oltre che da alcuni eventi impulsivi.

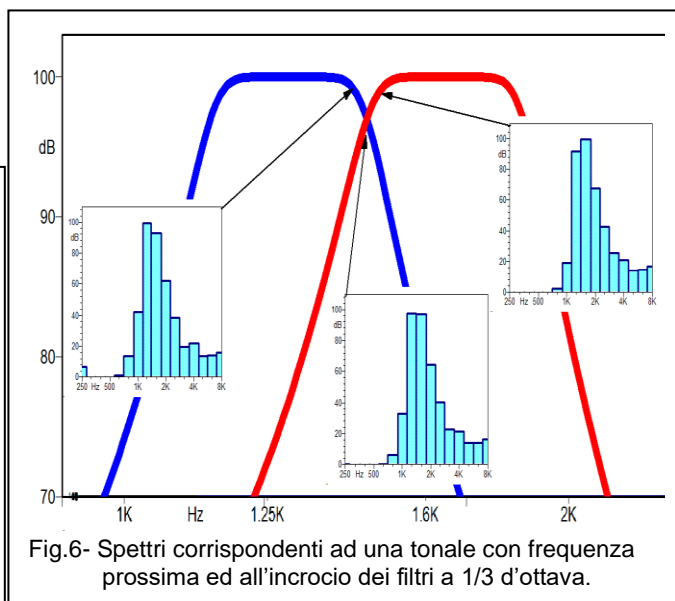
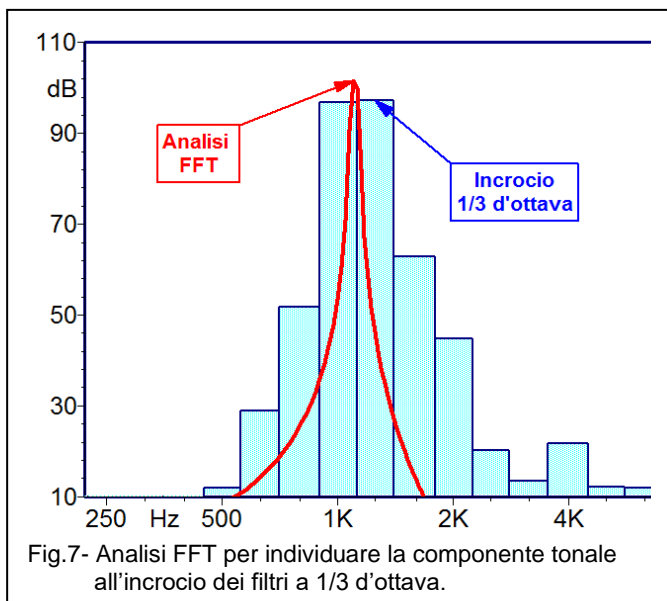
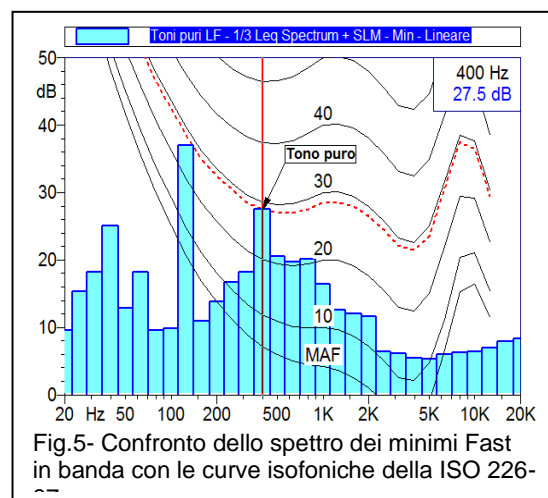


La situazione descritta genera uno spettro di Leq tale da non consentire il riconoscimento della presenza delle tonali che pure sono presenti e ben udibili, mentre lo spettro dei minimi in banda, non viene influenzato dai transitori o dagli impulsi ed essendo sostenuto dalle sole componenti che risultano sempre presenti durante la misura è in grado di mostrare la presenza di tonali a persistenza continua.

Nella Fig.5 viene visualizzato il grafico dello spettro dei minimi Fast in banda riferito alla condizione descritta in precedenza e viene eseguito il confronto con le curve isofoniche della ISO 226 del 1987 come richiesto dal DM 16-03-98; la componente tonale viene individuata nella banda dei 400 Hz per il fatto che risulta essere la banda che sostiene la curva isofonica dominante e viene quindi etichettata di conseguenza.

N.B.: con il metodo utilizzato possono essere riconosciute come componenti tonali anche le bande strette di rumore.

Una criticità può sorgere poi quando la



componente tonale si posiziona all'incrocio presente tra due bande di 1/3 d'ottava adiacenti; in questo caso il DM 16-03-98 suggerisce l'impiego di filtri con maggiore potere selettivo o frequenze di incrocio alternative. Scartando la soluzione delle frequenze di

incrocio alternative che risulterebbe non conforme alla norma di riferimento IEC 61672, si potrebbe utilizzare l'analisi con filtri a 1/6 o 1/12 d'ottava, oggi più comune e disponibile come opzione in alcuni analizzatori portatili oppure l'analisi di Fourier inserita con sempre maggiore frequenza anche nella strumentazione di tipo fonometrico. Ricordiamo che in questo caso, utilizzando filtri a 1/3 d'ottava in classe 1, la probabilità di avere una condizione con le tonali all'incrocio tra i filtri è di circa il 16%.

In Fig.6 viene raffigurata la situazione di ciò che accade quando la tonale corrisponde con una frequenza posta in prossimità dell'incrocio tra due filtri a 1/3 d'ottava; per frequenze prossime a quella d'incrocio, la banda successiva a quella che rappresenta la tonale, tende a salire di livello, sino a raggiungere lo stesso livello in corrispondenza della frequenza d'incrocio per poi decrescere nuovamente quando salendo in frequenza ci si allontana dall'incrocio. Questa situazione riduce la condizione di un delta livello maggiore di 5 dB tra bande adiacenti a quella che contiene la tonale, impedendone il suo riconoscimento.

Per risolvere questa situazione di criticità, il DM 16-03-98 considera l'impiego di filtri con maggiore potere selettivo ed in Fig.7, viene mostrato come in presenza di un tono puro posizionato esattamente in corrispondenza dell'incrocio di due bande in 1/3 d'ottava che in queste condizioni assumono pari ampiezza, una analisi in banda stretta FFT (traccia in rosso) ovvero con filtri di analisi a maggiore selettività, ci consente di mettere in perfetta evidenza la componente tonale mascherata.

Il confronto con le curve isofoniche della ISO 266, pone in evidenza una possibile limitazione nel riconoscimento di componenti tonali a bassa frequenza legata al livello di rumore elettrico residuo costituito dalla coppia preamplificatore e microfono che tende ad aumentare dai 500 Hz verso le alte frequenze con un andamento di circa 3 dB/ottava; per microfoni da 1/2" da 50 mV/Pa, sul 1/3 d'ottava dei 4 kHz è prossima ai 5 dB e questo comporta l'impossibilità di riconoscere componenti tonali che stanno al di sotto della isofonica dei 12-16 Phon, una limitazione che sembra comunque ragionevole dal punto di vista dei limiti inferiori della gamma dinamica della attuale strumentazione fonometrica. In Fig. 7 lo spettro dei minimi mostra il limite inferiore per il riconoscimento della componente tonale a 100 Hz; se la componente tonale dovesse scendere di livello, il rumore residuo del microfono che si vede salire gradualmente sulle frequenze medio alte, ne impedirebbe il riconoscimento.

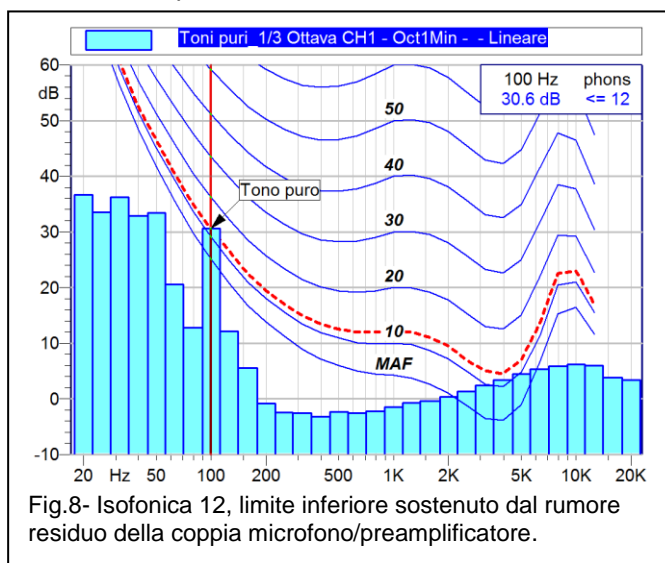
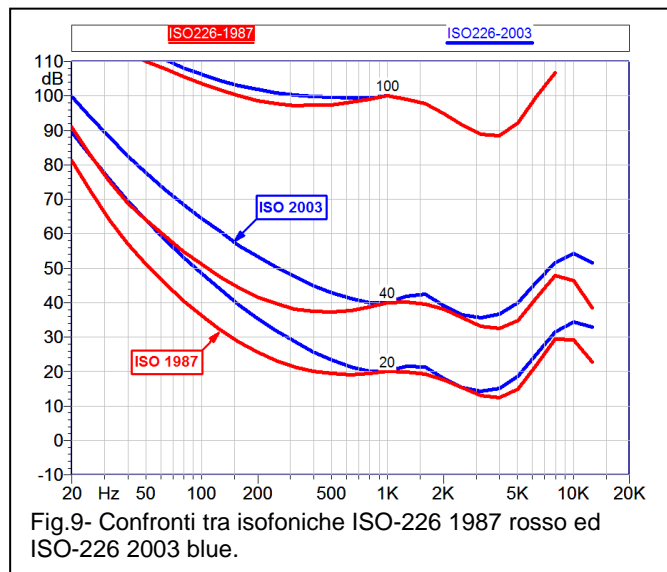


Fig.8- Isofonica 12, limite inferiore sostenuto dal rumore residuo della coppia microfono/preamplificatore.

Su questo argomento è utile anche aggiungere che se consideriamo le modifiche sulla pendenza delle isofoniche introdotte dalla più recente versione della ISO 226 del 2003, notiamo che le basse frequenze risultano ancora più attenuate o in altri termini, la nuova versione della ISO dice che la percezione delle basse frequenze a parità di isofonica è minore e per fare un esempio, per una percezione di 20 Phon a 100 Hz secondo la ISO 1987 ci volevano 36 dB, ora con la ISO 2003 ce ne vogliono 48 dB, 12 dB in più.

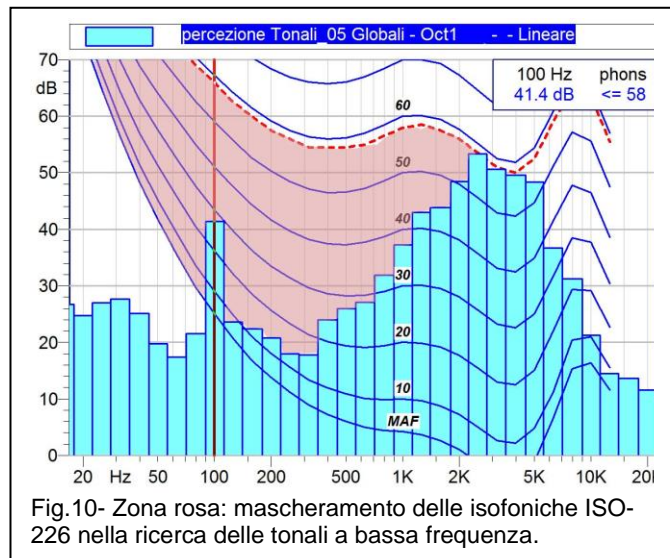
Se osserviamo il grafico di Fig. 9 dove sono sovrapposte le isofoniche corrispondenti a 20, 40 e 100 Phon si può notare che per frequenze inferiori ai 63 Hz, la isofonica dei 20 Phon della versione 1987 e quella dei 40 Phon della versione 2003 in pratica corrispondono indicando che tra le due versioni di ISO 226 esiste una notevole differenza di valutazione per lo stesso livello di tonali a bassa frequenza.



La criticità maggiore che comunque viene riscontrata nell'impiego delle curve isofoniche, consiste nell'utilizzo delle curve come valutazione di un possibile effetto di mascheramento tra componenti spettrali di rumore, distribuite su una certa banda e componenti tonali molto distanti da questa banda. L'interferenza con il rumore residuo del microfono, descritto in precedenza, ne è un esempio, ma più sovente si possono incontrare condizioni di rumore concentrato a medio basse frequenze con tonali di livello importante a bassa frequenza, che pur essendo nettamente percepibili, non possono essere riconosciute proprio per un improprio utilizzo con il confronto con le isofoniche.

Per meglio chiarire la situazione ricreiamo delle condizioni in cui la percezione di una tonale avviene con certezza e verificiamo il riscontro fornito dal criterio del confronto con le isofoniche.

Nel primo caso poniamo un rumore di 59 dB prevalentemente concentrato tra i 2 ed i 5 kHz e una componente tonale a 100 Hz di soli 41 dB; ebbene, la tonale sarà chiaramente percepita sebbene il riscontro in accordo al DM 16-03-98 darà un risultato negativo, come viene riportato in Fig.10 ove si può facilmente osservare che tutta la zona evidenziata in rosa viene inibita al riconoscimento delle tonali e nel caso in esame, la tonale di 41 dB a 100 Hz che pure viene percepita distintamente, non verrebbe identificata neppure se avesse un livello di 65 dB!



Una simile situazione la possiamo trovare anche quando la tonale risulta a frequenza superiore di quelle sostenute dalla isofonica dominante ed è sufficiente che questa tonale sia di una ottava superiore per averne una distinta percezione anche per livelli molto inferiori a quelli sostenuti dalla isofonica; questo secondo caso è rappresentato dalla Fig. 11 dove la isofonica dominante è sostenuta dal rumore prevalentemente distribuito a medie e basse frequenze ed inibisce quindi il riconoscimento della tonale posizionata nella banda dei 3150 Hz che però risulta ancora una volta nettamente percepibile anche se ad un livello di quasi 20 dB inferiore.

Si può riassumere dicendo che il confronto con le curve isofoniche pur indicando quali sono i livelli di egual percezione per le componenti tonali, non si adatta agli scopi di ricerca delle tonali, così come è stato inserito nel DM 16-03-98.

Infine, per rendere più versatile le prestazioni del software 'Noise & Vibration Works' come strumento di indagine e riconoscimento delle tonali, è stato deciso di aggiungere una funzione di ricerca automatica delle tonali nel tempo; sebbene questo metodo sia già stato utilizzato in altre applicazioni, abbiamo osservato che in particolari situazioni, risulta di grande aiuto, soprattutto quando ci si trova a dover esaminare lunghi periodi tempo relativi a misure che provengono da stazioni di monitoraggio del rumore non presidiate oppure in contesti dove possono essere presenti componenti tonali provenienti da sorgenti diverse che possono manifestarsi con durate e tempi diversi.

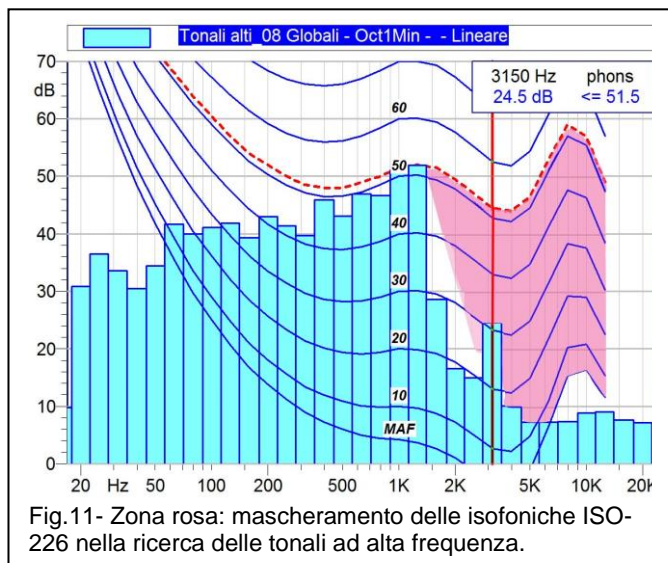


Fig.11- Zona rosa: mascheramento delle isofoniche ISO-226 nella ricerca delle tonali ad alta frequenza.

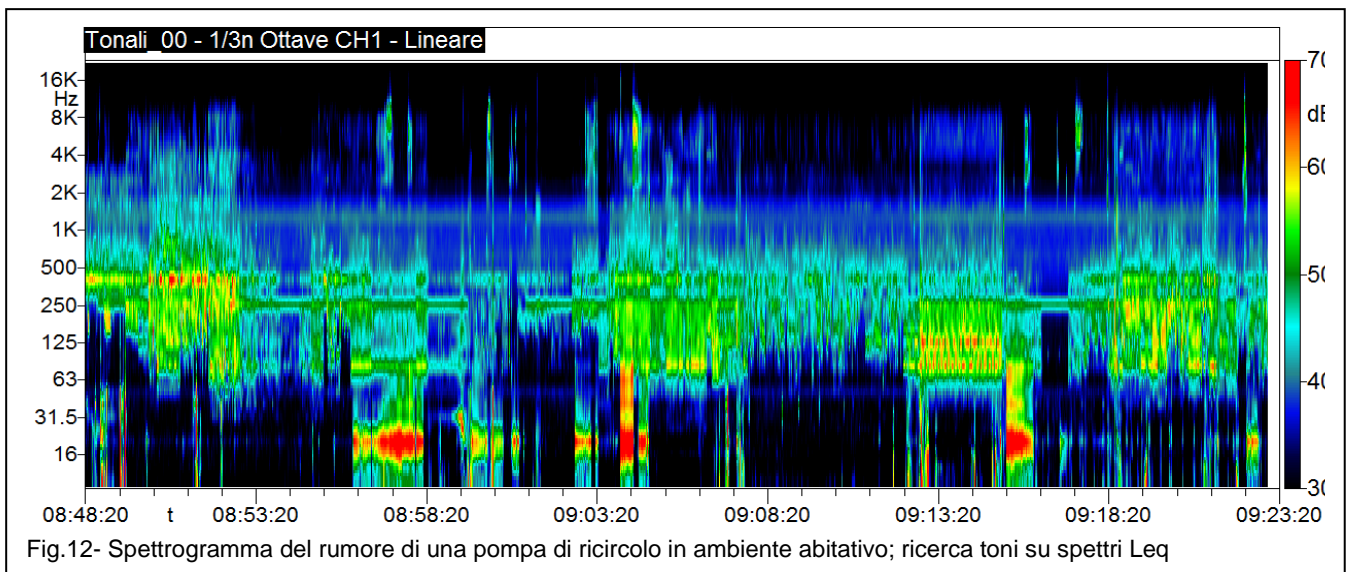


Fig.12- Spettrogramma del rumore di una pompa di ricircolo in ambiente abitativo; ricerca toni su spettri Leq

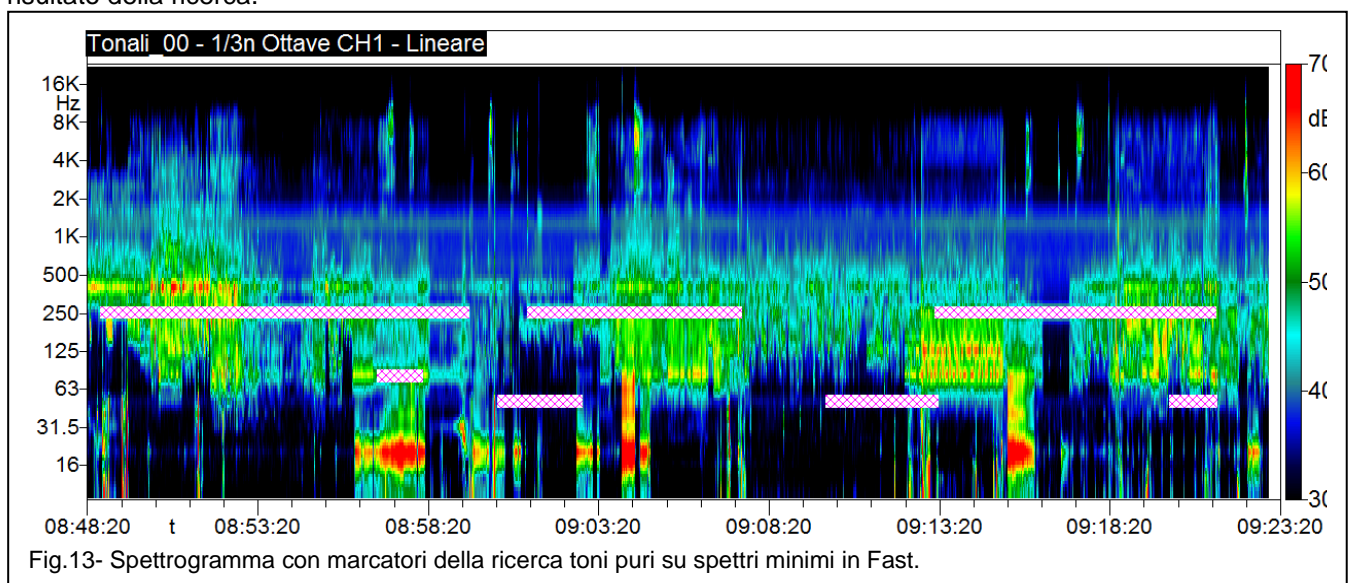
A tale scopo abbiamo riportato l'esempio relativo al rumore generato da una pompa di ricircolo dell'acqua di un impianto di riscaldamento condominiale, così come veniva rilevata all'interno di un ufficio, dove i dipendenti si dicevano disturbati da questo tipo di sorgente. La situazione si dimostra interessante per il fatto che la pompa non funziona di continuo e che nell'ufficio sono presenti anche varie altre possibili sorgenti di rumore con componenti tonali che si sovrappongono al rumore generato dalla normale attività lavorativa.

Lo spettrogramma mostrato in Fig.12 descrive bene la situazione di un rumore ambientale molto articolato, con la presenza per alcuni periodi di tempo, di una componente piuttosto evidente posizionata sulla banda dei 250 Hz.

Per eseguire la ricerca delle tonali nel tempo, utilizzando le nuove funzioni aggiunte per questo scopo in 'N&VW', è possibile eseguire la selezione su un'ampia gamma di opzioni, inserite per offrire all'operatore la necessaria versatilità e per poter soddisfare le variabili attualmente presenti per questo tipo di ricerca nella legislazione delle varie nazioni della comunità europea.

Se ora proviamo ad eseguire sulla misura di Fig.12 una ricerca delle tonali, scegliendo come parametro di ricerca la sequenza degli spettri Leq Fast da 100 ms, valutata su un intervallo di media mobile di qualche minuto, otterremo un risultato negativo, nel senso che non viene trovata neppure una condizione dove il livello in una banda di 1/3 d'ottava, superi di almeno 5 dB il livello delle bande adiacenti. La Fig.12 mostra appunto il risultato di questa ricerca, dove sullo spettrogramma non viene riportato nessuno dei marcatori previsti per evidenziare la presenza di componenti tonali nel tempo.

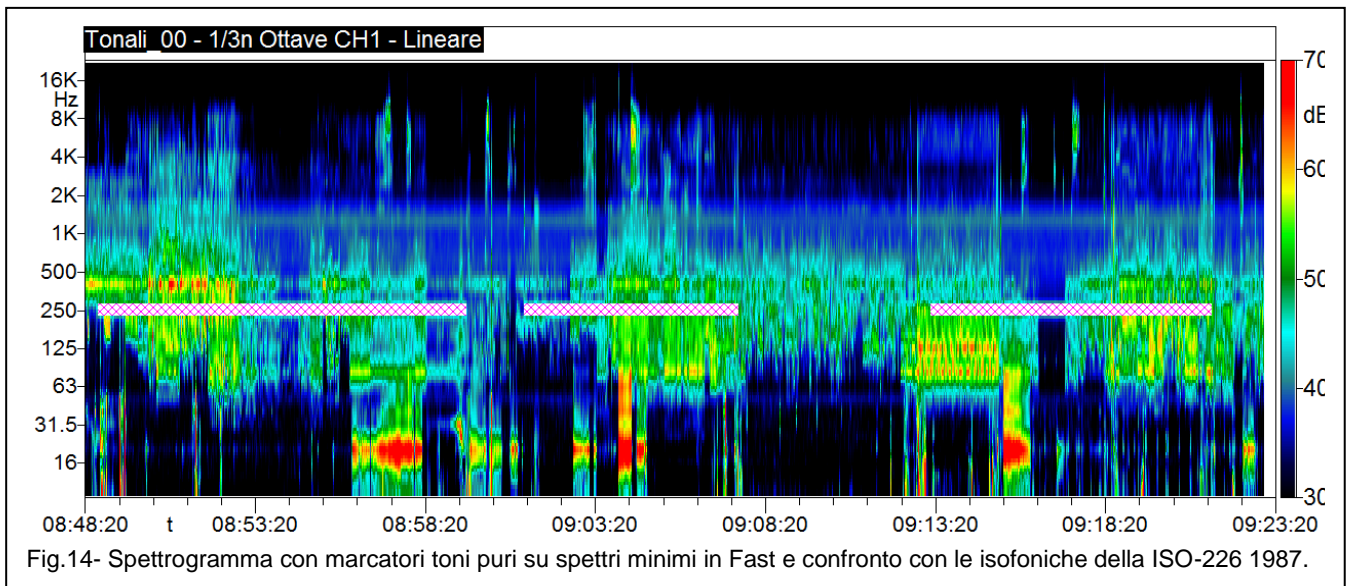
In Fig.13, lo spettrogramma riporta il risultato della ricerca eseguita scegliendo al posto della sequenza di spettri Leq Fast da 100 ms, una analoga sequenza di spettri minimi Fast in banda, sempre pesata con una finestra di media mobile impostata su tempi di qualche minuto. Con questa impostazione il software 'N&VW' individua vari periodi dove sono rispettate le condizioni di superamento di almeno 5 dB tra il livello della banda con la tonale e le bande adiacenti; in corrispondenza dei periodi individuati e per le relative frequenze, viene inserito sullo spettrogramma un marcatore allo scopo di evidenziare il risultato della ricerca.



Osservando i marcatori delle tonali riportati in Fig.13, si nota che individuano più bande di frequenze, che le tonali non sono continuamente presenti, che in alcuni periodi possono essere presenti più di una tonale e che anche in presenza di rumore ambientale sovrastante, i periodi di presenza delle tonali, sono individuati con precisione.

L'operatore può eseguire velocemente una nuova ricerca cambiando la combinazione delle opzioni disponibili, memorizzando o confrontando volta per volta i risultati ottenuti.

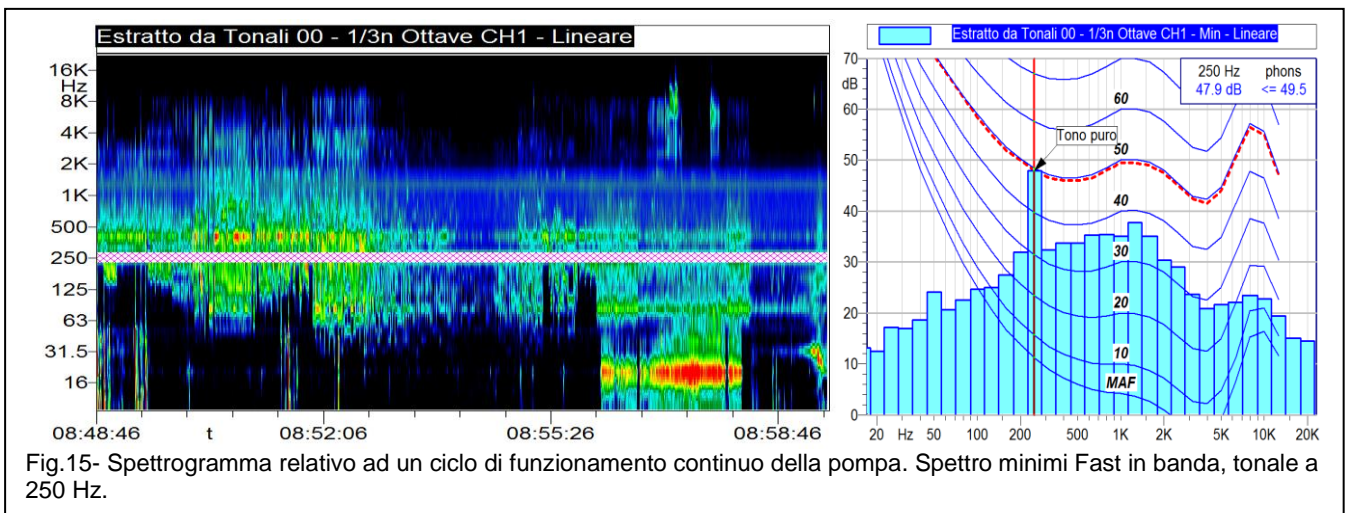
In NWWin3 è stata aggiunta la possibilità di generare automaticamente anche un marcatore specifico per i toni puri tale da consentirne il mascheramento per i periodi di presenza delle tonali oppure l'estrazione dei soli periodi con presenza di tonali.



Nello spettrogramma di Fig.14, la ricerca è stata invece condotta con le medesime impostazioni della analisi precedente ma abilitando ora il confronto con le isofoniche della ISO-226 1987 come da richiesta del DM 16-03-98; il risultato mostra ora la presenza della sola componente tonale individuata sulla banda del 1/3 d'ottava dei 250 Hz, proprio corrispondente al rumore della pompa di ricircolo oggetto dell'indagine ed i marcatori ne segnano con precisione i periodi di attività e di pausa.

Se ora fosse indispensabile tagliare un pezzo di misura corrispondente ad un periodo di funzionamento continuo della sorgente che genera la tonale, questo risulta facilmente individuabile e eseguendo una semplice selezione, trascinando il mouse su tale periodo, potremo estrarne la porzione relativa solo al primo periodo di attività.

La Fig.15 riporta sia lo spettrogramma corrispondente all'estrazione del primo ciclo di funzionamento continuo della pompa di ricircolo, sia il risultato della ricerca delle tonali condotto sullo spettro dei minimi in Fast e relativo confronto con le isofoniche della ISO 226, in conformità con le richieste del DM 16-03-98.



Doveroso far notare che l'utilità e la praticità di questo tipo di strumenti di indagine dipende molto dalla velocità con cui possono essere eseguite le elaborazioni e le rappresentazioni grafiche poiché ci si trova spesso a dover gestire enormi quantità di dati e se le applicazioni software non sono ottimizzate per questi obiettivi, i tempi di calcolo necessari per generare i risultati desiderati possono rendere inutilizzabile qualunque tipo di nuova procedura di indagine.

La funzione per il riconoscimento automatico delle componenti tonali nel tempo, può attivare un marcatore il quale a sua volta, può svolgere vari compiti quale quello che consente di applicare una mascheratura automatica su tutti i periodi temporali in cui vi è stata presenza di tonali, quello di creare eventi corrispondenti agli stessi periodi di tempo, quello di identificare gli stessi periodi con un diverso colore sulla time-history oppure quello di apparire sulla striscia dei marcatori, solitamente posizionata sopra alle time-history e quindi essere inserita nella corrispondente tabella dove vengono riportate durate e valori numerici con e senza il contributo degli eventi associati ad ogni singolo marcatore.

In Fig.16 è riportata la time-history LAF relativa agli spettrogrammi esaminati in precedenza con inserita nella parte superiore del grafico, la striscia dei marcatori dove troviamo rappresentati in viola il marcatore delle componenti tonali, che agisce anche direttamente sulla traccia della time-history ed in verde la sequenza di 4 distinti eventi identificati come superiori della soglia dei 52 dB per una durata minima di 30 secondi. Nella parte sottostante al grafico, la tabella numerica riporta i valori di LAeq, LMax ed LMin globali, dei soli periodi segnati dai marcatori, dei periodi non marcati, di tutti i periodi con le tonali, di quelli senza tonali e di tutti gli eventi e di quelli non interessati dagli eventi.

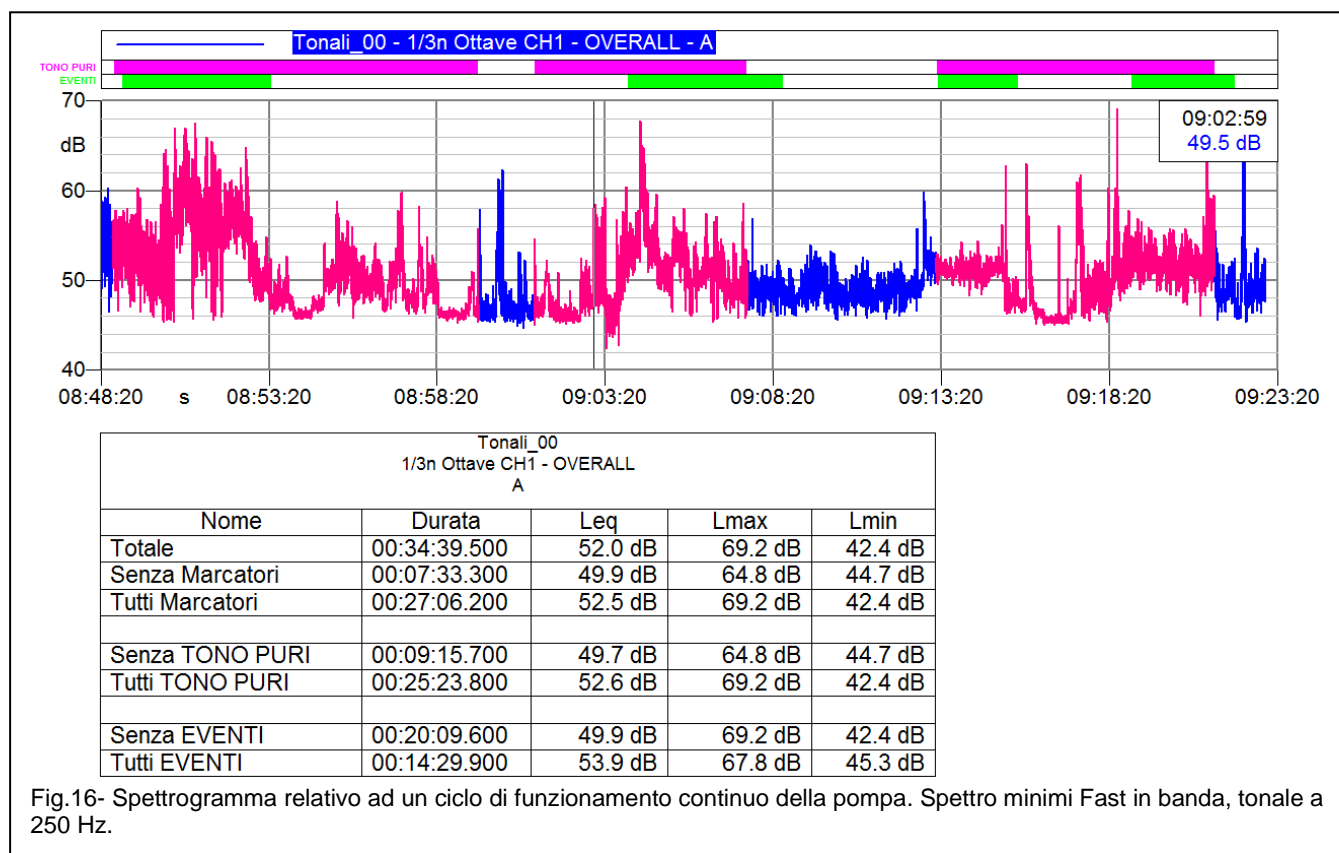


Fig.16- Spettrogramma relativo ad un ciclo di funzionamento continuo della pompa. Spettro minimi Fast in banda, tonale a 250 Hz.

Nota: La funzione di riconoscimento delle componenti tonali in conformità con il DL 16-03-98, disattiva automaticamente tutte le altre funzioni di indagine sulle componenti tonali descritte in questo documento allo scopo di evitare ogni possibile falsa interpretazione delle procedure di riconoscimento.