



Appunti di acustica pratica N°5.- 20120110

Imparare a leggere e scrivere in acustica ambientale.-

Monitoraggio del traffico autoveicolare, treni & grilli



bruno.abrami@tin.it

B.Abrami

Spectra srl.- Strumentazione e software per l'acustica e le vibrazioni.-

1.- Premessa.- Oggi come oggi abbondano elaborati su monitoraggi, fatti come ante-opera, come post-opera, come verifiche per rumore autoveicolare, rumore aeromobile, rumore da cantieri in corso d'opera e così via. In molti di questi elaborati non c'è traccia dell'analisi in frequenza vuoi perché non è richiesta dai nostri Decreti Attuativi (è richiesta solo per i cantieri che sono sorgente fissa), vuoi perché acquisendola si appesantisce, si crede inutilmente, la dimensione del file che contiene la misura. Nel presente scritto, che prende lo spunto da un'esperienza sul campo, si cercherà di mettere in evidenza l'importanza, sia per l'esecutore del monitoraggio sia per il committente, di documentare con dei sonogrammi ogni singola giornata di misura, al fine di essere certi che i livelli equivalenti frutto dell'indagine siano effettivamente quello che si crede siano, nel caso trattato in questo scritto, livelli da traffico autoveicolare (d'ora innanzi: TA).- L'arte di leggere e scrivere in acustica ambientale si basa sostanzialmente sulla costruzione di una semeiotica delle storie dei livelli in Fast campionati ad almeno 100 ms, o come LAeq,1"; e delle storie degli spettri, e dei sonogrammi. Sono stato invitato più volte a produrre un atlante di queste "immagini interpretative", senza successo. Forse questa è la volta buona, anche se necessariamente legata ad un caso particolare dal quale si potranno estrapolare molte informazioni utili per altri casi. Purtroppo la vera conoscenza, avendo la teoria generale, si acquista solo facendo le cose, bisogna avere pazienza.

2.- Il caso di cui si tratta.- L'occasione di trattare in maniera concreta dell'arte di leggere e scrivere in acustica ambientale mi è venuta da un monitoraggio ante-opera fatto per conto terzi, in periodo estivo, si trattava della futura costruzione di un viadotto che sarebbe passato ad una ventina di metri da una serie di villette, il contesto generale è illustrato nella figura a seguire:

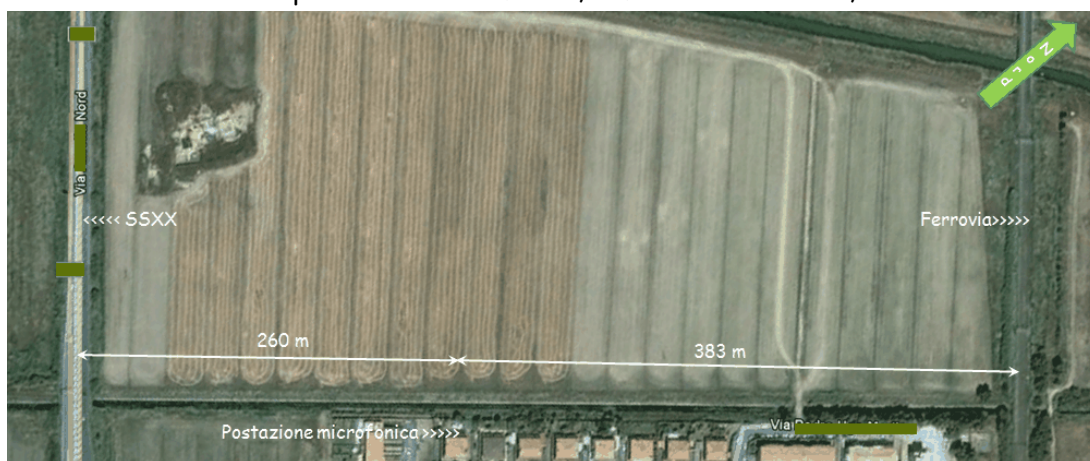


Abbiamo a sinistra il mare, che in periodo estivo vuol dire vento continuo dal mare verso terra per il periodo centrale del giorno, se non ci sono nuvole; una strada statale il cui rumore è l'oggetto di questo monitoraggio, strada dalla quale partirà il viadotto; una linea ferroviaria che è l'altra sorgente rilevante di

rumore per questa zona. Nella zona delle villette, dove c'è la postazione microfonica, ci sono sporadici arrivi e partenze dei residenti, irrilevanti dal punto di vista del rumore generato. La statale attraversa il fiume su di un ponte in muratura, la ferrovia su di un ponte in metallo. Ci aspettiamo dei profili ferroviari atipici in quanto:

- i convogli si muovono nella direzione di vista del microfono, mentre normalmente facciamo misure con i convogli che si muovono in direzione normale alla linea di vista del microfono;
- quando i convogli passeranno sul ponte metallico produrranno il massimo livello sonoro;
- quando passeranno in direzione SSE il livello massimo si troverà all'inizio della storia del transito, o viceversa, in direzione NNW, il livello massimo si troverà alla fine della storia del transito; il gruppo di case funzionerà in ogni caso da schermo.

La statale dista 260 metri dalla postazione microfonica, la ferrata 383 metri, il mare a 900 metri.



La linea metrica bianca corre, grossomodo, in corrispondenza della posizione del futuro viadotto.

3.- Osservazione aurale del panorama sonoro.- Ascoltare con attenzione i rumori e i suoni che costituiscono il panorama sonoro nei quattro periodi: alba, giorno, sera, notte e annotare mentalmente livelli e timbri confrontando poi quanto osservato con i risultati della misura, è il primo passo per la costruzione di una semeiotica per l'acustica ambientale. Nel presente caso, all'ascolto, in corrispondenza della postazione microfonica, nel primo pomeriggio, risaltano le seguenti sorgenti: traffico autoveicolare da statale, i treni si vedono passare ma non si sentono..... perché siamo sopravvento rispetto alla ferrata (il vento soffia dal mare verso la ferrata), non c'è suono da stormir di fronde, qualche raro episodio di transito autoveicolare locale di sonorità irrilevante. Dopo le 20, caduto il vento, si sentono distintamente i transiti ferroviari con una sonorità circa 4 volte più elevata dei transiti dei camion sulla statale, e, a quanto già osservato nel primo pomeriggio, si aggiunge il canto di grilli con sonorità dominante il rumore dalla statale.

Possiamo già preventivare un po' di grane nella gestione dei risultati di questo monitoraggio, alcune di interesse generale (come la non udibilità dei treni), altri specifici connessi al presente caso. Stiamo misurando un ante-opera, in periodo estivo, con influenze stagionali sui risultati (vento e grilli) e semi - permanenti (treni). Dobbiamo ovviamente rispondere alla domanda: come faccio a rendere questi risultati legati al solo rumore da TA e validi per tutto l'anno? O quanto meno validi fino al momento della verifica post-opera? Abbiamo a che fare con le seguenti grane:

- 1) Lo scopo del presente monitoraggio è misurare livelli equivalenti da traffico autoveicolare come intervalli orari, intervalli diurni e notturni dai quali produrre una media settimanale;
- 2) il vento dal mare, è un fenomeno estivo, interessa la parte centrale del periodo diurno, occorre verificare la sua influenza sul risultato della misura, dal vento non ci si può liberare e la misura

deve essere fatta, occorre quindi essere in grado di valutare la sua influenza sui risultati per rispondere alla domanda: "quali saranno i livelli in assenza di vento?";

- 3) la componente del rumore ferroviario, nella parte centrale della giornata, non è udibile e quindi misurabile, fenomeno inesistente nella altre stagioni, o d'estate, con il cielo annuvolato;
- 4) in periodo notturno i treni presentano livelli sensibilmente superiori a quelli della statale e non sono l'oggetto di questa misura, andrà quindi tolta la loro influenza dal risultato della misura;
- 5) il canto dei grilli non è rumore ma suono che, in generale, non dovrebbe entrare mai nel contenuto di una misura di rumore; ma di là da considerazioni suono - rumore, non sono l'oggetto di questa misura, sono una sorgente stagionale, va quindi verificato il loro peso sul livello equivalente, soprattutto notturno, e nel caso ci sia un "peso", va tolta la loro influenza dal risultato della misura.

4.- Il sito e la tecnica di acquisizione del rumore.- Il fonometro è stato posizionato dove convenuto, calibrato e impostato per acquisire una storia di livelli e spettri, campionati ad 1 secondo con tecnica lineare-ripetitiva (Short Leq). Il microfono è stato protetto con un deumidificatore microfonico e palla antivento solamente; questo non è da fare perché lascia "scoperto" il preamplificatore che, se prende umidità, incomincia a dare dispiaceri, come vedremo. Sono stato costretto a questo approccio improprio perché avevo imprestato il mio sistema di protezione ad un cliente con un monitoraggio in corso, e il presente caso è nato da una telefonata al mattino, richiesta di offerta la cui accettazione era condizionata al fatto che incominciassi il monitoraggio il giorno dopo a 350 km da casa. Il monitoraggio è durato otto giorni.



A sx microfono
posizionato.-

A dx postazione
microfonica vista dalla
corsia del cantiere



A sx transito ferroviario
visto da postazione
microfonica.-

A dx transito camion
vista da postazione
microfonica



5.- Il DM16/03/98, Allegato C-2, e il presente caso.- Leggiamo sul DM16/03/98, Allegato C-2:

Allegato C - 2. Metodologia di misura del rumore stradale.

Essendo il traffico stradale un fenomeno avente carattere di casualità o pseudocasualità, il monitoraggio del rumore da esso prodotto deve essere eseguito per un tempo di misura non inferiore ad una settimana. In tale periodo deve essere rilevato il livello continuo equivalente ponderato A **per ogni ora** su tutto l'arco delle ventiquattro ore: dai singoli dati di livello continuo orario equivalente ponderato A ottenuti si calcola:

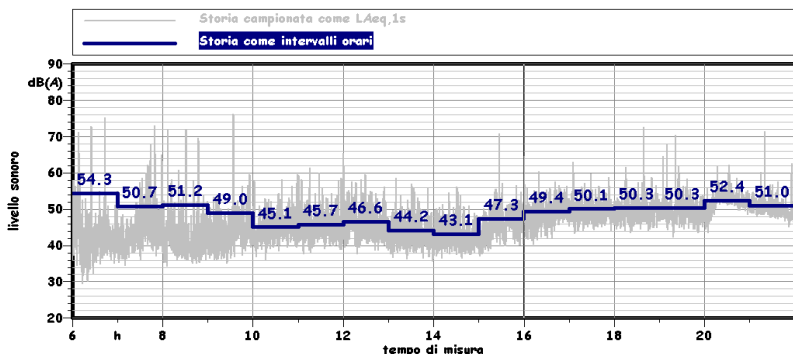
- a) per ogni giorno della settimana i livelli equivalenti diurni e notturni;
- b) i valori medi settimanali diurni e notturni.

Il microfono deve essere posto ad una distanza di 1 m dalle facciate di edifici esposti ai livelli di rumore più elevati e la quota da terra del punto di misura deve essere pari a 4 m. In assenza di edifici il microfono deve essere posto in corrispondenza della posizione occupata dai recettori sensibili.

I valori di cui al punto b) devono essere confrontati con i livelli massimi di immissione stabiliti con il regolamento di esecuzione previsto dall'art. 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447.

Il motivo per cui, a suo tempo, si scelse l'opzione "intervallo orario" invece che $LA_{eq,1s}$, o altro più accurato nella descrizione della storia, è basato sulle seguenti considerazioni:

- che la memoria in dotazione ai fonometri a quei tempi era limitata, da 0,5 a 8 MB, mentre una storia "reale" di rumore campionata a 100 ms per 24 ore, livelli e spettri ha un "peso digitale" di circa 150 MB; o 19 MB se campionata come $Leq,1s$;
- che si avevano in mente soprattutto quelle situazioni dove esisteva effettivo inquinamento da rumore da traffico autoveicolare (tipo $LA_{eq,diurno} = 70 - 75$ dB & $LA_{eq,notturno} = 67 - 72$ dB e simili) e che quindi non c'erano e non ci sono sorgenti in grado di interferire sul risultato giornaliero e settimanale;



Nella figura a sx vediamo un esempio di intervalli orari (in blu), calcolati in postelaborazione con il software Noise & Vibration Work, dalla storia di $LA_{eq,1s}$ (in grigio). E' evidente come il livello degli intervalli dalle 06.00 alle 10.00 siano controllati dai transiti ferroviari (non si è ancora alzato il vento), mentre l'intervallo dalle 20 alle 21 è controllato

dall'inizio della festa dei grilli. Ovviamente, di ricalcolare i 168 intervalli orari (24 ore* 7 giorni), uno per uno, ripulendoli di grilli e treni, per avere il solo TA, non se ne parlava proprio. Ad una tale istanza del committente risposi che, al caso, si doveva riparlare del costo dell'operazione visto che nessuno mi aveva informato che andavo a far misure da TA sull'ordine dei 40-50 dB(A) in un sito pieno di treni e grilli; e che, in ogni caso, visto che il risultato finale doveva essere la media diurna e notturna giornalieri e settimanale, era possibile ottenere il risultato richiesto (LA_{eq} da solo TA) facendo le operazioni di postelaborazione sui soli intervalli diurno e notturno, e così ci siamo accordati. Quindi, in questo caso, niente intervalli orari da solo TA, ma bensì intervalli diurno e notturno da solo TA.

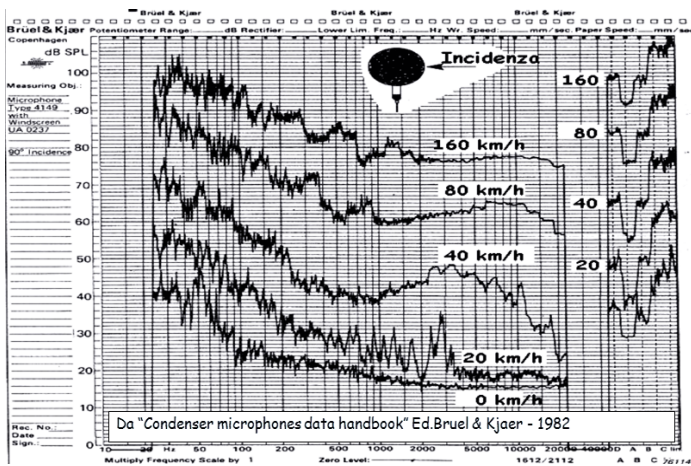
6.- Problemi di vento.- Quando prendete l'incarico per un monitoraggio di rumore da traffico autoveicolare, è facile che il committente, che ha studiato diligentemente il DM vi dica: "---- e mi raccomando escluda le giornate o i periodi in cui il vento supera i 5 m/s o c'è pioggia, e aggiunga dei giorni al periodo di monitoraggio, in modo da avere 7 giornate senza vento sopra i 5 m/s e senza pioggia". Al che voi gli dovete dire.... "caro, io te li escludo i giorni che tu vuoi, ma chi mi paga le giornate aggiuntive"? E parte una trattativa con il committente, ad offerta già fatta ed accettata, immutabile, per cui bisogna arrivare ad un qualche compromesso. Compromesso che lascio ad ognuno l'incarico di trovare il più compatibile al suo caso. Nel presente caso dove il vento non poteva essere eluso è prevalsa la mia dichiarata capacità di compensare i risultati per l'effetto del vento.

Il fatto che nel DM16/03/98 c'è l'indicazione ad invalidare le misure se c'è pioggia o se la velocità del vento supera i 5 m/s (20 Km/ora) può creare non pochi problemi, soprattutto perché non si capisce cosa

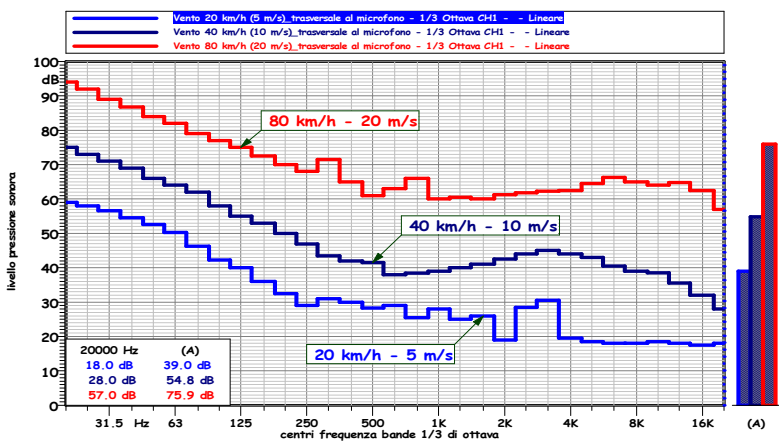
vogliono dire X m/s di vento in termini di dB(A) da rumore apparente indotto da turbolenza. Di pioggia non c'è traccia nel presente caso e quindi parleremo solo di vento.

Il vento che batte sulla membrana del microfono dà luogo a sollecitazioni meccanico-dinamiche che il fonometro "vede" come segnale acustico, chiameremo questo segnale "rumore apparente indotto da turbolenza". Se c'è un segnale acustico reale questo si sommerà (secondo le note leggi), nel fonometro, al rumore apparente. La "palla antivento" serve per ridurre questo rumore apparente ma non lo elimina, l'attenuazione della "palla" è dell'ordine dei 20 dB (del solo rumore apparente). Resta comunque un residuo di rumore apparente del quale è bene conoscere la consistenza per poter valutare l'influenza del rumore da turbolenza sul rumore acustico che si intende misurare.

Nella figura a dx vediamo un diagramma tratto da: *Condenser microphones e preamplifiers data handbook*, edito da Brüel & Kjaer nel 1982. Si tratta di misure fatte in camera anecoica, mettendo microfono e preamplificatore con palla antivento all'estremità di un'asta rotante lunga due metri, e fatta ruotare alle velocità tangenziali dichiarate. La membrana del microfono vede il moto dell'aria con incidenza radente o 90°.



La registrazione dell'analisi in frequenza dell'equivalente di rumore da turbolenza è fatta su registratore grafico di livello, con velocità della carta alta (per motivi suppongo legati alle problematiche di movimentazione dell'asta), e quindi con un tempo di permanenza nei singoli filtri a terzi di ottava troppo bassa, donde uno scarso campionamento delle fluttuazioni del segnale, cosa che rende problematico attribuire un livello efficace assoluto per ogni banda. Sono più "stabili" i livelli globali (a dx del diagramma, l'immagine con 5 scalini rispettivamente: D; A; B; C; Lin).



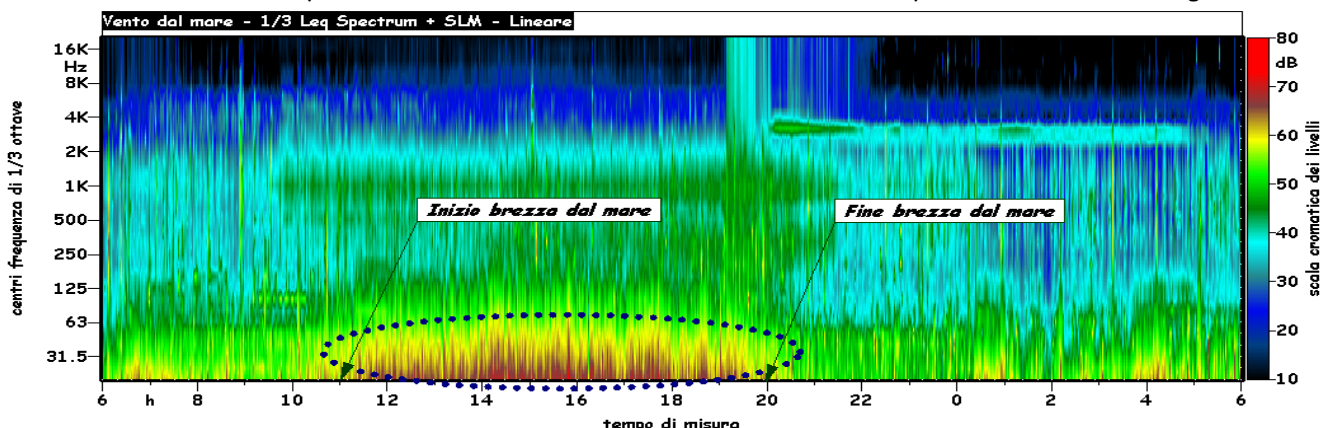
Nella figura a sx, la mia ricostruzione dei livelli banda per banda e globali, mettendo in opera l'antica tecnica di interpretazione delle fluttuazioni dell'"ago" del fonometro: fino a 4 dB di fluttuazione livello minimo più la media aritmetica della fluttuazione, per fluttuazioni maggiori di 4 dB la somma dei 2/3 della fluttuazione al livello minimo, perlomeno dove è stato possibile farlo grazie a fluttuazioni ripetitive

nello stesso terzo di ottava. Nel diagramma originale i centri-frequenza normalizzati dei filtri sono indicati dai quadretti neri posti nella parte superiore del grafico. Da questo diagramma impariamo con chiarezza il fatto che 5 m/s di vento corrispondono ad un rumore apparente (indotto da turbolenza) di 39,0 dB(A), che ovviamente si sommerà al rumore acustico. Se il rumore acustico è di 39,0 dB(A) il fonometro leggerà + 3 dB, ovvero 42,0 dB(A). Se conosciamo il rumore apparente del vento possiamo sempre sottrarlo e riavere il nostro rumore acustico di 39,0 dB(A).

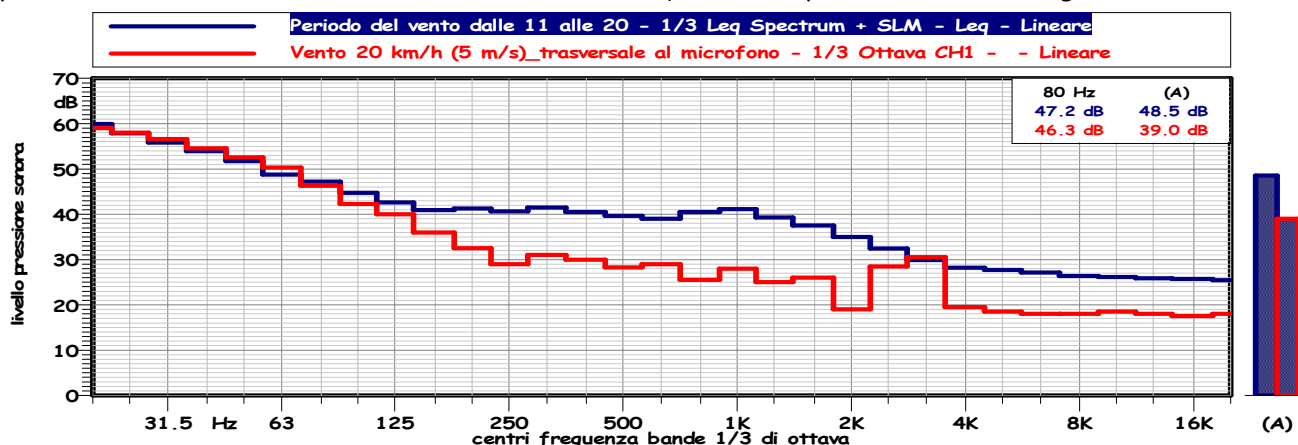
Dal punto di vista della semeiotica degli spettri a terzi di ottava, impariamo che il vento induce uno spettro continuo con una marcata connotazione a pendenza costante da 25 a 250 Hz, con una pendenza di

circa 8 dB/ottava, che però a 20 Km/ora (5 m/s) tale pendenza costante è confermata solo nell'intervallo da 63 a 250 Hz e mostra la tendenza a diminuire a frequenze inferiori.

Conoscere la struttura spettrale del vento ci consente di riconoscerne la presenza su di un sonogramma:



Conoscere i livelli sonori apparenti indotti dal vento ci consente di stimare la sua velocità, se prendiamo il pezzo di storia dalle 11 alle 20 (8 ore) e calcoliamo Leq_{11-20} dello spettro troviamo il seguente risultato:



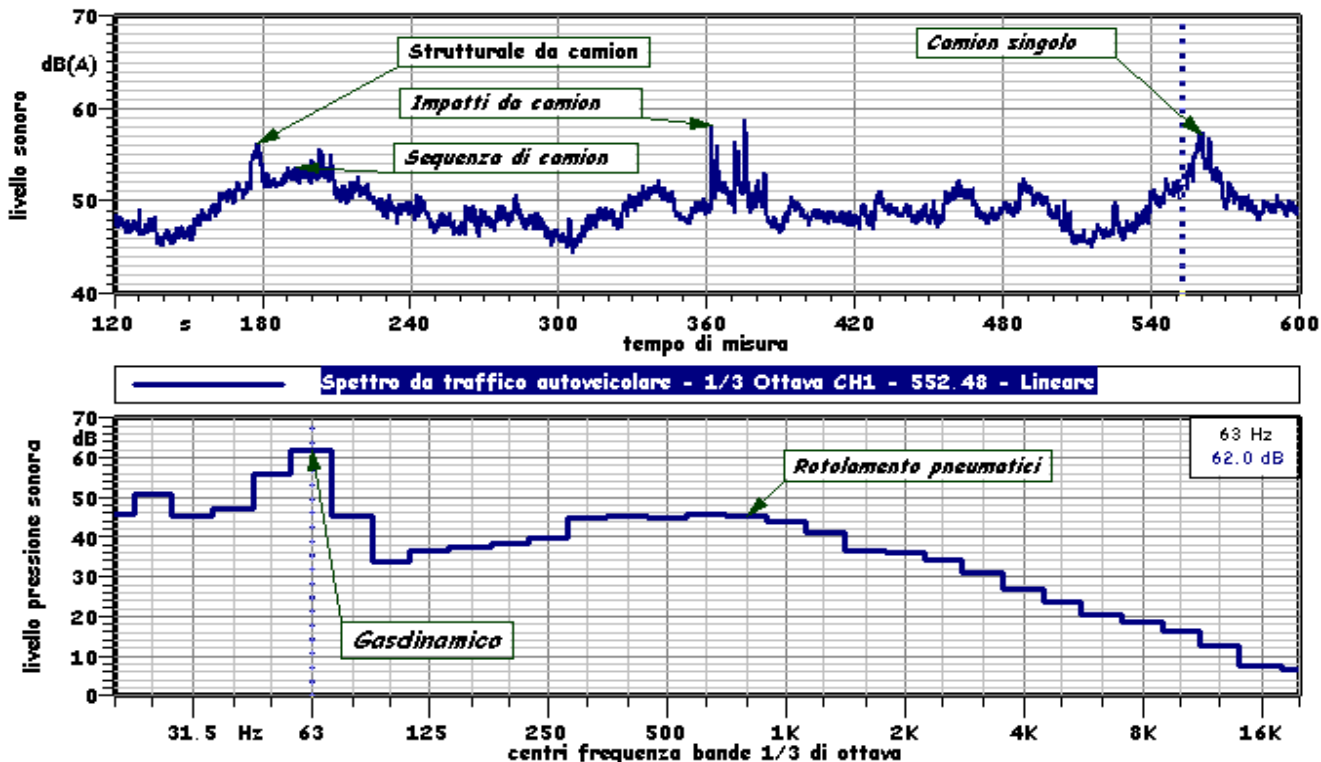
Si vede come nell'intervallo di frequenze da 20 a 80 Hz i due spettri sono sovrapponibili, da 100 a 250 Hz i livelli di rumore misurati sono maggiori perché al rumore apparente da turbolenza si somma la componente gasdinamica del TA. E possiamo ben dire che la velocità del vento è stata - mediamente - dell'ordine dei 5 m/s.-

Impariamo anche che alla presenza di vento che "batte" sul microfono non possiamo fare misure di rumore residuo, quale che sia la velocità del vento inferiore a 5 m/s. Nelle misure di residuo o di fondo semplicemente non ci deve essere vento perché ignoriamo il rumore apparente del vento per velocità inferiori a 5 m/s. Se ad esempio dobbiamo misurare un residuo all'aperto (cosa che non ha senso, ma so che vien fatto) di 30 dB(A) e c'è vento a 5 m/s il fonometro leggerà 39,0 + 30 = 39,5 dB. Per altro motivo, se di fronte all'interno in cui misuriamo il residuo o il fondo c'è della vegetazione e il vento dà origine a "stormir di fronde", non possiamo procedere nella misura vuoi perché misureremmo livelli maggiori, vuoi perché si tratta di una misura irripetibile. Se c'è vento, anche a velocità inferiori ai 5 m/s... niente misure di residuo o di fondo, tutti a casa, se ne riparla quando non c'è più vento.

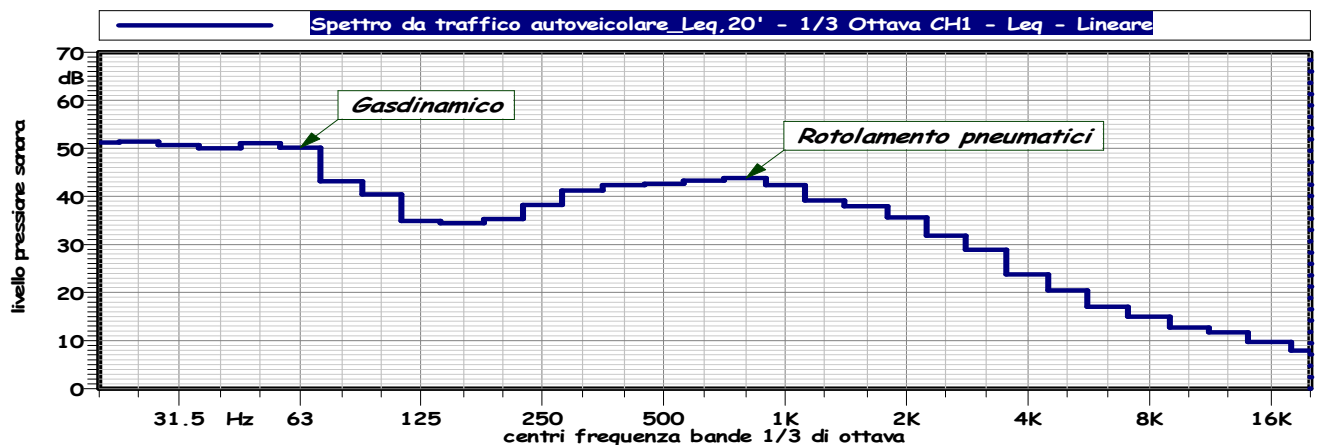
7.- Traffico autoveicolare.- Teniamo conto del fatto che parliamo di un rumore prodotto da autoveicoli che viaggiano fra i 90 e i 110 km/h, a 260 metri dalla postazione di misura. All'osservazione aurale il rumore da TA è costituito da:

- dalla solita componente gasdinamica (scappamento),
- dal rotolamento dei pneumatici,
- emissioni strutturali da parte di alcuni camion,
- impatti dei pneumatici dei camion sulle giunzioni del viadotto.

Impatti ed emissioni strutturali hanno un peso temporale molto limitato, il loro effetto sulla morfologia dello spettro come Leq di periodo è irrilevante. Vediamo a seguire un esempio di storia di solo TA da statale, misurata in Fast e campionata a 20 ms. Sotto, lo spettro corrispondente alla posizione cursore della storia:

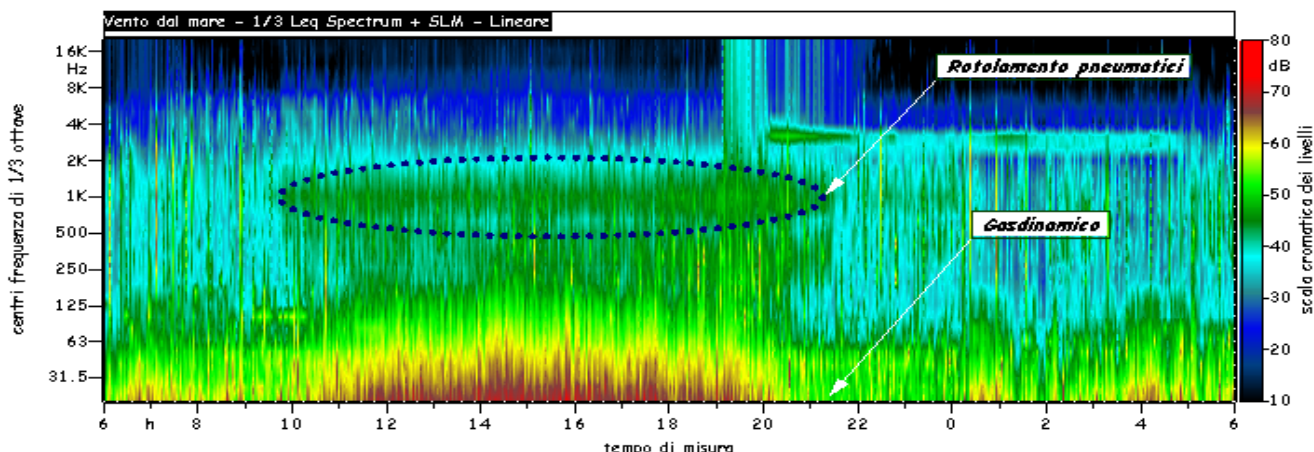


La componente gasdinamica (CG) compare solo se il motore "tira" (se il motore non "tira" si trova solo la componente rotolamento), la CG è una componente tonale con frequenza al doppio dei giri. Se il motore va a 1.890 giri al minuto (rpm) la frequenza in Hz della componente gasdinamica sarà: $f_{CG,Hz} = (rpm/60)*2 = (1.890/60)*2 = 63 \text{ Hz}$. Ovviamente la frequenza della CG varierà con i giri, se il motore aumenta i giri la CG aumenterà la sua frequenza in proporzione. Se guardano ad uno spettro da TA mediato per 20', o più, questo conterrà l'effetto di tutte le CG emesse in quel periodo e quindi... uno spettro piatto o semi-piatto.

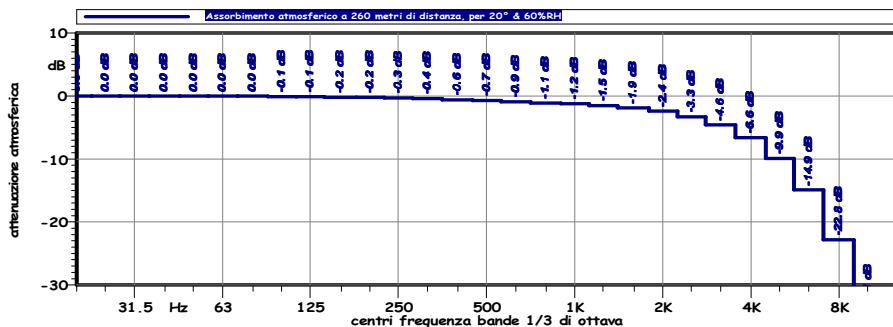


Da circa 200 a 8.000 Hz e oltre abbiamo la componente rotolamento dei pneumatici (RP), con la sua caratteristica forma a "collina". La frequenza della cima della collina dipende dal tipo di asfalto: sull'ordine dei 1.000 - 1.250 Hz per asfalto liscio; sull'ordine dei 630-800 Hz per asfalto drenante - fonoassorbente.

Sul sonogramma avremo quindi due zone nettamente distinte: la zona delle componenti gasdinamiche fra 25 e 63 Hz e la zona del rotolamento pneumatici fra circa 200 e 8.000 Hz.

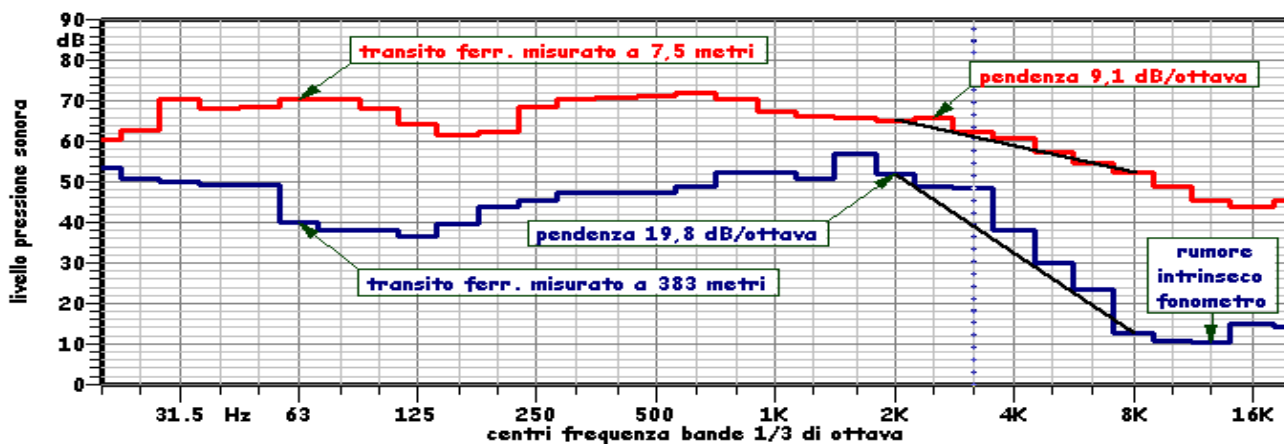


Ne sonogramma soprastante possiamo vedere come mentre la "zona gasdinamica" sia sempre evidente, per le 24 ore, la "zona rotolamento" è evidente in maniera differenziata dalle 10.00 fino alle 21.00 con un cromatismo verde (500 - 2.000 Hz); prima delle 10.00 e dopo le 21.00, il decremento del flusso degli autoveicoli conserva la visibilità della "zona rotolamento" con un cromatismo azzurro-blu (200 - 8.000 Hz). La ragione della differente visibilità della componete rotolamento nelle 24 ore va ricercata nell'interazione combinata fra il decremento del flusso veicolare fra le 21.00 e le 10.00 e nell'effetto dell'assorbimento atmosferico che; inesistente da 20 a 63 Hz è progressivamente più importante a partire da circa 500 Hz.



Vediamo, a sx, l'effetto dell'assorbimento atmosferico a 260 metri di distanza (da ISO 9613_2).- L'assorbimento atmosferico spiega anche il fatto che al disopra di circa 1 kHz, la pendenza di uno spettro di TA o di treni

dipenda dalla distanza a cui lo misuriamo. Al tempo di questo monitoraggio non ho avuto la lucidità di misurare un "pezzo" di TA alla sorgente, ma lo ho fatto per il treno perché mi incuriosiva la non udibilità dei treni sopravento, confrontando una misura fatta a 7,5 metri e una fatta a 383 metri risalta con ogni evidenza l'influenza dell'assorbimento atmosferico alla frequenze alte. La misura della pendenza è limitata all'intervallo 2-8 kHz perché nella misura a 383 metri la pendenza naturale è alterata dalla presenza di un artefatto da rumore intrinseco del fonometro.

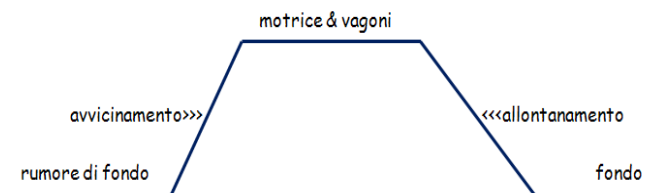
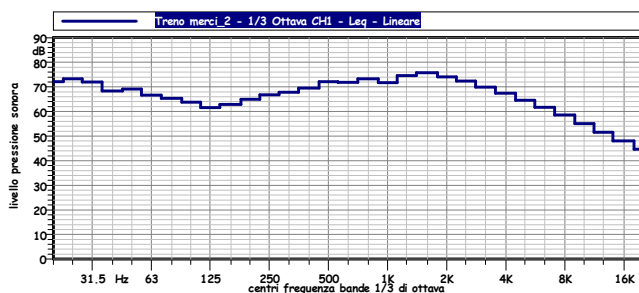
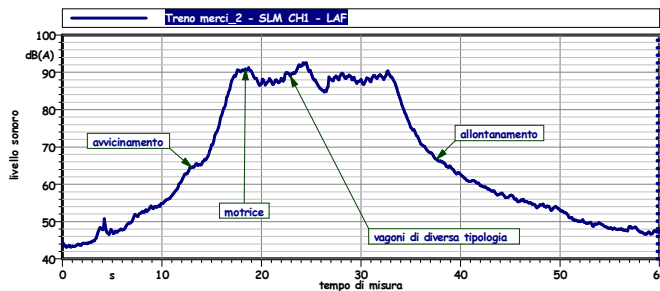


8.- Treni.- Nel caso esaminato la udibilità e quindi la misurabilità, dei transiti ferroviari è condizionata dalla loro posizione sopravento rispetto alla postazione di misura. Finchè tira il vento i treni non si sentono e non si misurano. La semeiotica della storia (ponderazione temporale:Fast; campionamento:20 ms) di un transito ferroviario tipico, misurata in posizione normale rispetto al transito, è quella riportata a seguire:



Si tratta di un transito merci con vagoni di tipologia molto variabile, e questo spiega la sensibile variabilità del livello sonoro fra i 20 e i 34 secondi del transito. Lo spettro (Leq,60") è uno spettro continuo modulato dalla componente aerodinamica da 20 a 125 Hz e dalla componente carrelli e strutturale da 125 a 20.000 Hz. La pendenza dello spettro da 2 a 16 kHz è di 8,7 dB/ottava.

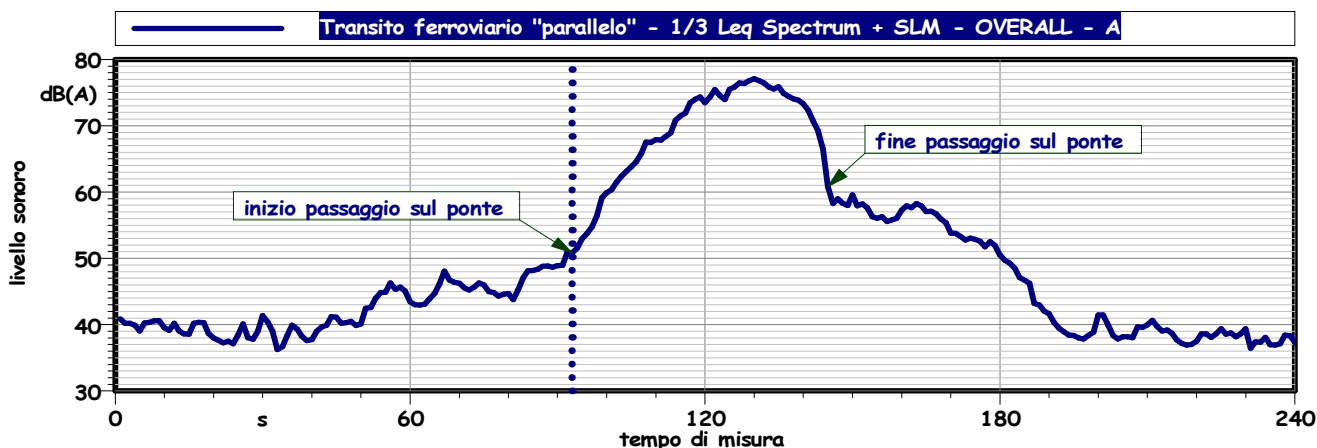
La "tipicità" di un profilo temporale ferroviario è schematizzata a dx. La fase "rumore di fondo" può essere variamente modulata a seconda del luogo, la fase "motrice & vagoni" può essere variamente modulata a seconda del tipo di motrice e della tipologia dei vagoni collegati, ma in sostanza, per un transito ferroviario, saranno sempre riconoscibili gli elementi del semi-trapezio schematizzato a dx.



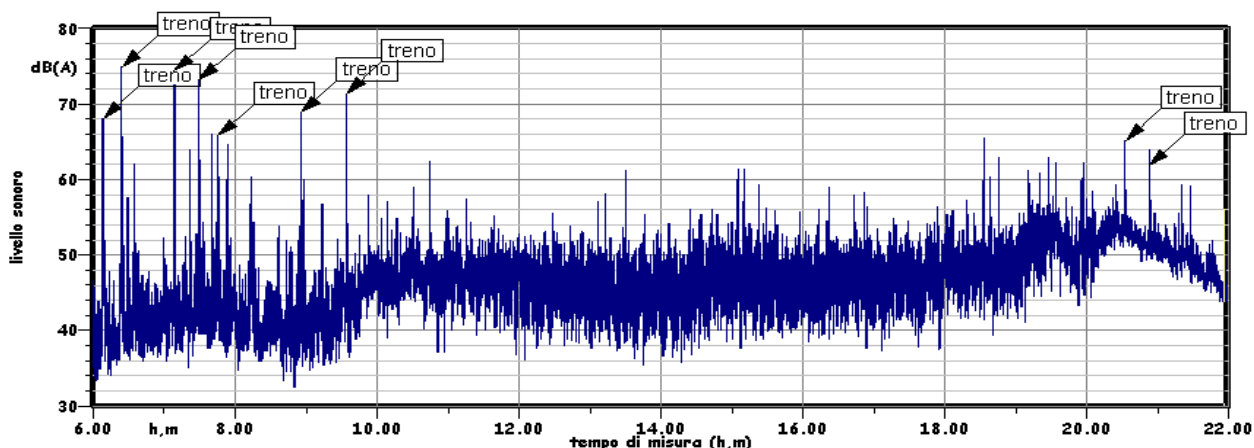
Nel caso che stiamo esaminando abbiamo due peculiarità che porteranno a profili ferroviari atipici rispetto alla norma, queste due peculiarità consistono nel fatto che:

- i convogli si muovono paralleli e non normali rispetto la linea di vista del microfono;
- quando i convogli passano sul ponte in ferro producono il massimo livello sonoro.

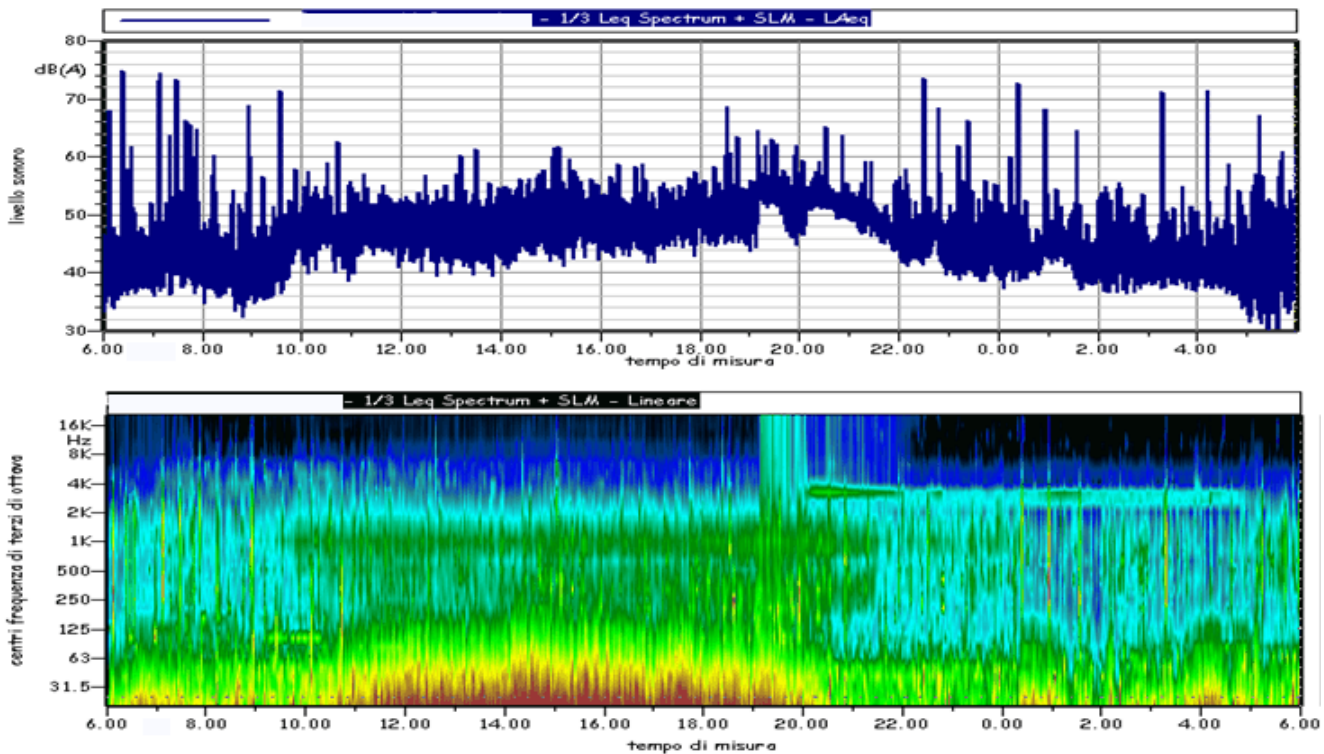
Va inoltre considerato il fatto che il campionamento della storia per il monitoraggio è stato fatto come LAeq,1s e questo fa perdere ovviamente le fluttuazione più rapide del segnale, ne risultano dei profili temporali meno aderenti alla nostra esperienza percettiva, compressivamente più "grezzi".



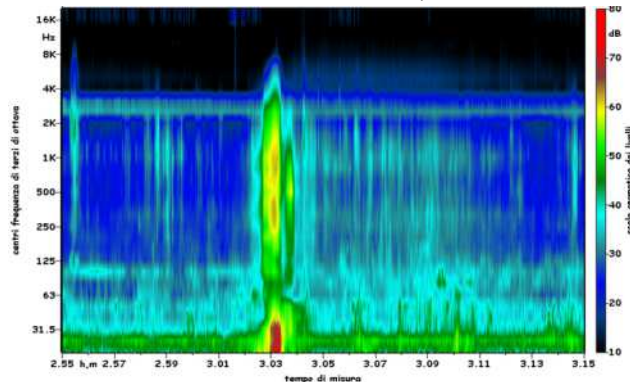
Visti come panorama storico (LAeq,1s), ad esempio sul periodo diurno, i transiti ferroviari si configurano come "picchi monolinea" che per il livello si staccano nettamente da tutti gli altri eventi sonori



Il motivo per cui dalle 10.00 alle 18.00 circa non si vedono altri transiti è dovuto alla posizione sopravvento della postazione microfonica rispetto alla ferrata. La cosa è evidente se si visualizza il sonogramma insieme alla storia:



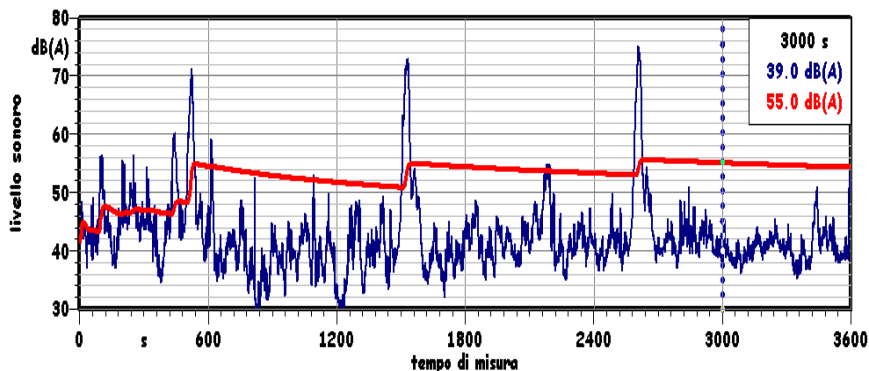
è evidente come, finchè dura il vento, i treni non si sentono, sono cancellati; in periodo notturno quando non c'è vento si osservano molti più transiti. Sul sonogramma i transiti ferroviari appaiono come righe di



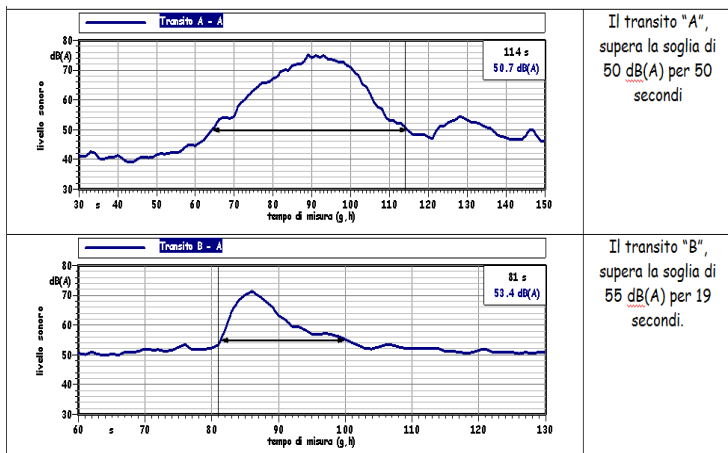
più variegato cromatismo, con colori dal giallo al rosso, sincrono con i "picchi" della storia. Una espansione temporale della scala dei tempi (zoom) ci consente di evidenziare un transitto ferroviario, vedi immagine a sx. I treni non sono l'oggetto della misura e vanno quindi cancellati dal risultato giornaliero, notturno e dalla media settimanale. Con il software Noise & Vibration Work è possibile selezionare una combinazione di tempo per il quale è superata una

soglia minima comune a tutti i transiti, combinazione caratteristica di una determinata postazione di misura per cui, dopo che si è acquisita la storia, occorre una ispezione visiva della storia per identificare quella soglia di durata minima per un livello comune a tutti i transiti ferroviari.

Prima di procedere a qualunque operazione è bene verificare se i transiti hanno un qualche peso su LAeq diurno o notturno e per fare ciò è importante che il software di elaborazione possa visualizzare lo sviluppo storico di LAeq che chiameremo "LAeq progressivo" come è visibile



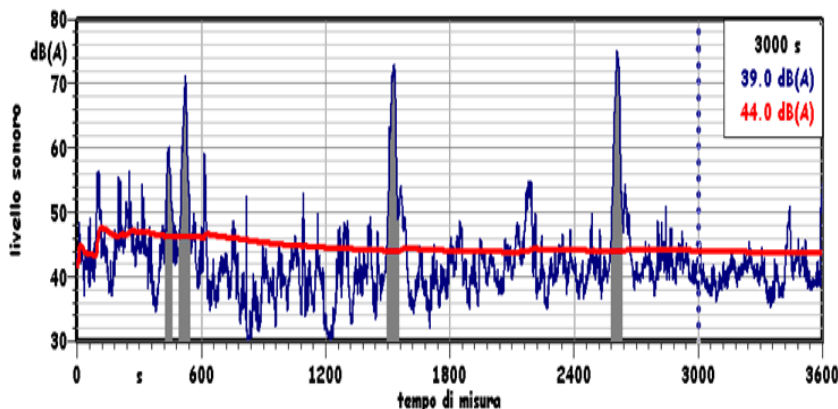
(rosso) nella immagine a dx. Da questa immagine possiamo veder che LAeq progressivo alla posizione cursore (3.000 secondi) è di 55.0 dB(A). E' chiaramente visibile come siano i treni a dominare lo sviluppo di LAeq progressivo e che quindi non si possono lasciare nella storia così come stanno, bisogna escluderli dal calcolo. Per fare ciò è necessaria una ispezione visiva di ogni singola storia che ci consenta il riconoscimento di una soglia di livello e durata minima sopra soglia comune a tutti i transiti. Nella figura a



sx vediamo due casi-limite di una storia. Il transito "A" supera la soglia di 50 dB(A) per 50 secondi; il transito "B" supera la soglia dei 55 dB(A) per 19 secondi. Gli altri transiti sono compresi fra queste due combinazioni. Per prendere tutti i transiti sarà sufficiente impostare su Noise&Vibration Work, ricerca eventi, una soglia di 55 dB(A) superata per un tempo minimo di 10 o 15 secondi. Prima di eseguire la ricerca automatica va indicato se si vuole estrarre gli eventi, ad esempio

perché si vuole il LAeq dei soli treni; oppure se si vuole mascherare i transiti per escluderli dal calcolo del LAeq diurno e notturno. Nel nostro caso vogliamo escludere i transiti ferroviari dal LAeq diurno e notturno. Una volta dato il comando "maschera gli eventi sopra soglia", il software procede in automatico

ad eseguire l'operazione. Nella figura a dx possiamo vedere un particolare della operazione di esclusione dal calcolo dei transiti ferroviari. L'evento mascherato viene caratterizzato graficamente con una riempitura cromatica diversa (in questo caso in grigio). Il LAeq progressivo (rosso) alla posizione cursore (3.000 secondi) vale ora, 44 dB(A) al posto dei 55 precedenti l'operazione di mascheramento dei transiti.



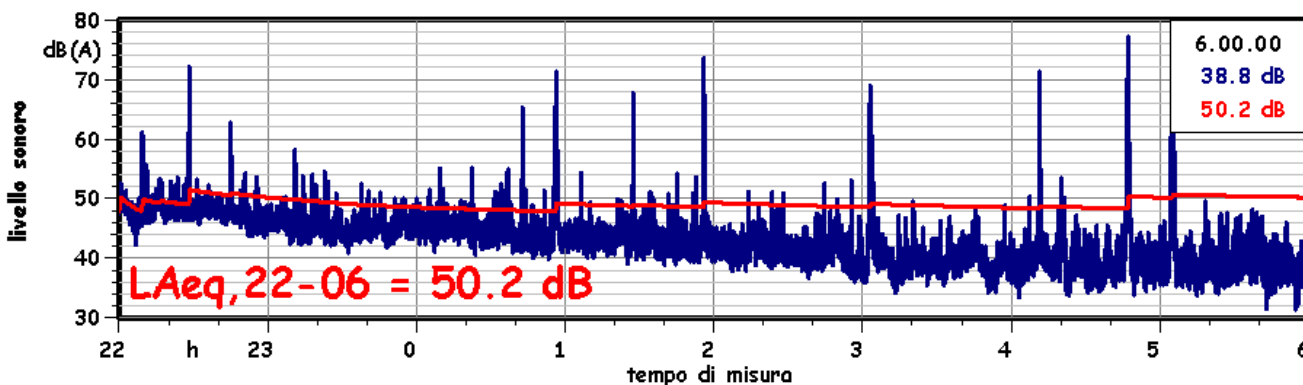
Può verificarsi il fatto che quando si procede alla analisi visiva della storia, specie se ci sono tanti transiti e di carattere diverso, che si scelga un soglia di livello e durata soprasoglia che non includa tutti i transiti di tipo ferroviario. Ad esempio se passa solo una motrice e se passa una litorina, la loro durata sopra soglia può essere minore di quella scelta.

In questi casi si può sempre riosservare la storia, eseguire una espansione della scala dei tempi (zoom) per tutti i "picchi" sospetti: se la semeiotica storica o spettrale è quella di un mezzo ferroviario, e se questo evento incrementa il livello di LAeq progressivo, si può procedere alla mascheratura manuale, transito per transito. Se l'evento identificato come ferroviario non sposta il decorso storico di LAeq progressivo è inutile mascherarlo e si può benissimo ignorarlo.

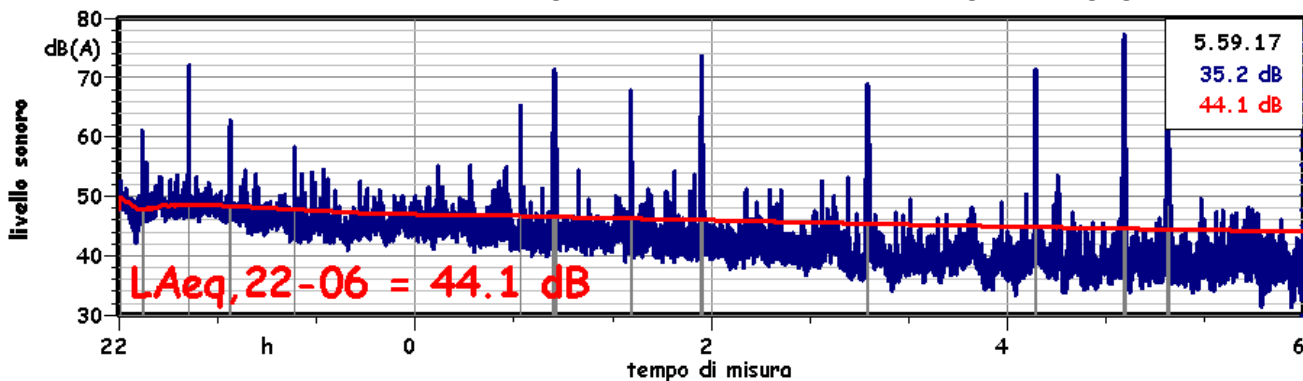


Vediamo ora un esempio di effetto di questo tipo di post-elaborazione su di un intero periodo, nello specifico un periodo notturno.

Storia e Livello equivalente notturno di treni+auto+grilli.



Storia e Livello equivalente notturno di auto+grilli, i treni sono mascherati e segnalati in grigio.



Troviamo che per le otto ore del periodo notturno i transiti ferroviari fanno aumentare il LAeq di ben 10,1 dB(A). Abbiamo 50,2 dB(A) di transiti ferroviari + transiti autoveicolari + grilli; e 44,1 dB(A) di soli transiti autoveicolari + grilli.

9.- Il canto dei grilli.- Come già detto al paragrafo 3, dopo le 20 inizia la festa dei grilli la cui sonorità è dominata sul rumore da traffico autoveicolare dalla statale. Ora bisogna chiarire un'idea fondamentale per chi fa il nostro mestiere. Quando in un qualunque corso si arriva al punto di dover definire cosa sia "rumore" incominciano, da parte dei docenti, vaghi balbettii del tipo: "non è ben definibile il confine fra suono e rumore", si fa molta confusione fra il rumore come agente patogeno-fisico (luoghi di lavoro) e il rumore come agente patogeno-psicologico, distruttivo della qualità della vita (ambienti di vita). I più ferrati, per l'ambiente di vita, usano la definizione della OMS: "rumore è un suono non desiderato". Questa vaghezza dell'esposizione origina dal voler continuare ad ignorare che i termini del problema sono due: 1) quanta energia sonora non desiderata è in giuoco, 2) come la recepisce la popolazione. Ora sono tutti bravissimi a dire cosa e quanta sia l'energia sonora in giuoco, ignorano completamente la descrizione scientifica degli effetti sulla popolazione senza i quali non esisterebbe rumore.



Definire rumore un suono è un'azione psicologica del recettore (un giudizio) che percependo un suono che non vuole percepire farà carte false per liberarsene; ovvero cambierà i suoi comportamenti, tipo:

- chiederà soccorso alle autorità pubbliche;
- se inascoltato, e a contatto con altri, organizzerà delle proteste;
- dormirà in ambiente diverso dalla camera da letto, nella mia casistica c'è un caso di un soggetto che aveva organizzato la vasca da bagno come letto per sottrarsi al rumore;
- perderà l'abitudine a leggere, scrivere o suonare, se prima esercitava queste attività;
- metterà infissi antirumore, se mal consigliato, perché il rumore arriva per via solida, inutilmente;
- esporrà/nno cartelli o striscioni più o meno grandi con scritte avverse alla sorgente;
- avrà reazioni violente tipo sparare, accoltellare o danneggiare direttamente le sorgenti quando sono antropiche, con azioni che io indico come la parte folkloristica di questa disciplina;
- e così via.

Se il cambiamento di comportamento non riesce a ottenere la liberazione dall'agente invasivo si innescano dei processi psicologici che portano alla fine a quello che si può definire un "complesso di ossessione persecutoria" i cui sintomi possono essere vari:

- passare il proprio tempo libero a filmare o registrare la sorgente per poter documentare alle autorità la gravità dell'inquinamento da rumore, nella mia casistica ci sono soggetti che avevano riempito scaffali di libreria con videocassette e che pretendevano di farcele visionare;
- soggetti con tendenza a somatizzare sviluppano sintomatologie del tipo mal di testa o addominale cronici;
- soggetti che, alla fine, dopo anni di ricorsi inutili all'autorità (perché il metodo del DM16/03/98 e DPCM 14/11/97 non consentono di dimostrare la gravità di alcune situazioni di inquinamento sonoro da sorgenti fisse), sentono la sorgente anche quando è spenta.

Nel complesso, possiamo dire che la presenza di suoni considerati rumori a livelli inaccettabili viene segnalata dal fatto che popolazioni o singoli si organizzano per liberarsi dalla percezione del suono che non vogliono percepire. Con alcune (rare) eccezioni, maggiore il numero di aderenti al comitato antirumore più grave sarà lo stato di inquinamento da rumore.

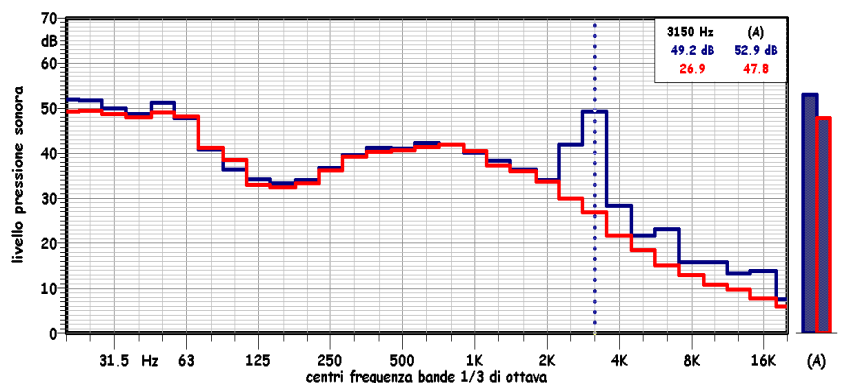
I Decreti Attuativi della Legge Quadro 447/95 con i loro metodi e limiti sono rivolti al controllo dell'inquinamento da rumore. Oververo di quelle sorgenti che sappiamo, per esperienza storica, aver dato luogo a reazioni di autodifesa da parte di popolazioni e singoli. Dall'esperienza storica non abbiamo casi di popolazioni o singoli che si siano organizzati per sottrarsi al canto degli uccelletti, di grilli, cicale, al suono della risacca, al mormorare di un ruscello, allo stormir di fronde indotto dal vento e così via. Queste sorgenti, che non danno luogo a reazioni di autodifesa, vanno considerate suoni e non rumori. Ora il problema nostro è che, in ambiente di vita, le sorgenti di suoni possono produrre livelli sonori più elevati delle sorgenti di rumore, ma non devono entrare come energia nel risultato delle misure di rumore.

Il motivo per cui i suoni non devono entrare nel risultato della misura del rumore è duplice, tenuto conto del fatto che i recettori reagiscono ai rumori e non ai suoni:

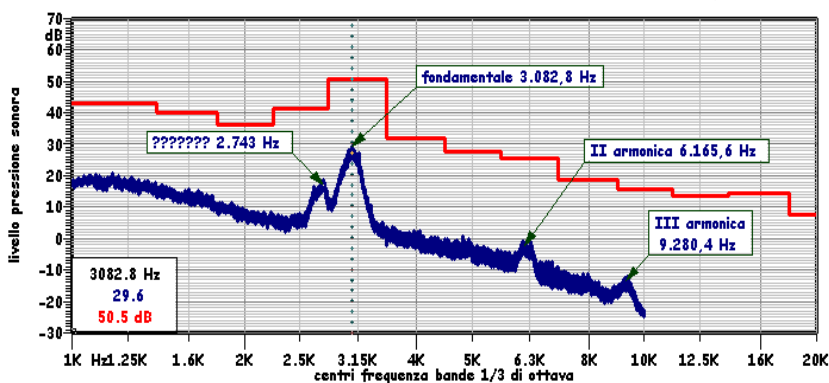
- essendo controllato dalla componente suono il risultato della misura non darebbe riscontro delle probabilità di reazione nelle valutazioni previsionali;
- essendo controllato dalla componente suono il risultato della misura non darebbe riscontro delle attualità di reazione nelle valutazioni in opera;
- i suoni sono normalmente una sorgente stagionale e non ci sarebbe consentito proiettare i risultati della misura non post-elaborata ad altri periodi dell'anno o della giornata.

Nel presente caso possiamo desumere gli elementi tipici del peso "illecito" sulla misura del canto dei grilli tramite storia, sonogramma e confrontando spettri di "pezzi" di storia che contengano grilli+traffico e solo traffico; incominciamo dagli spettri di pezzi di storia:

Nella figura a dx vediamo due spettri come Leq,20'. Lo spettro rosso si riferisce al periodo fra le 19.20 e le 19.40, prima dell'inizio dei grilli. Lo spettro blu si riferisce al periodo fra le 21.00 e le 21.20, dopo l'inizio dei grilli. E' evidente, dalla forma e livello delle componenti gasdinamica e rotolamento pneumatici fino a 2kHz,



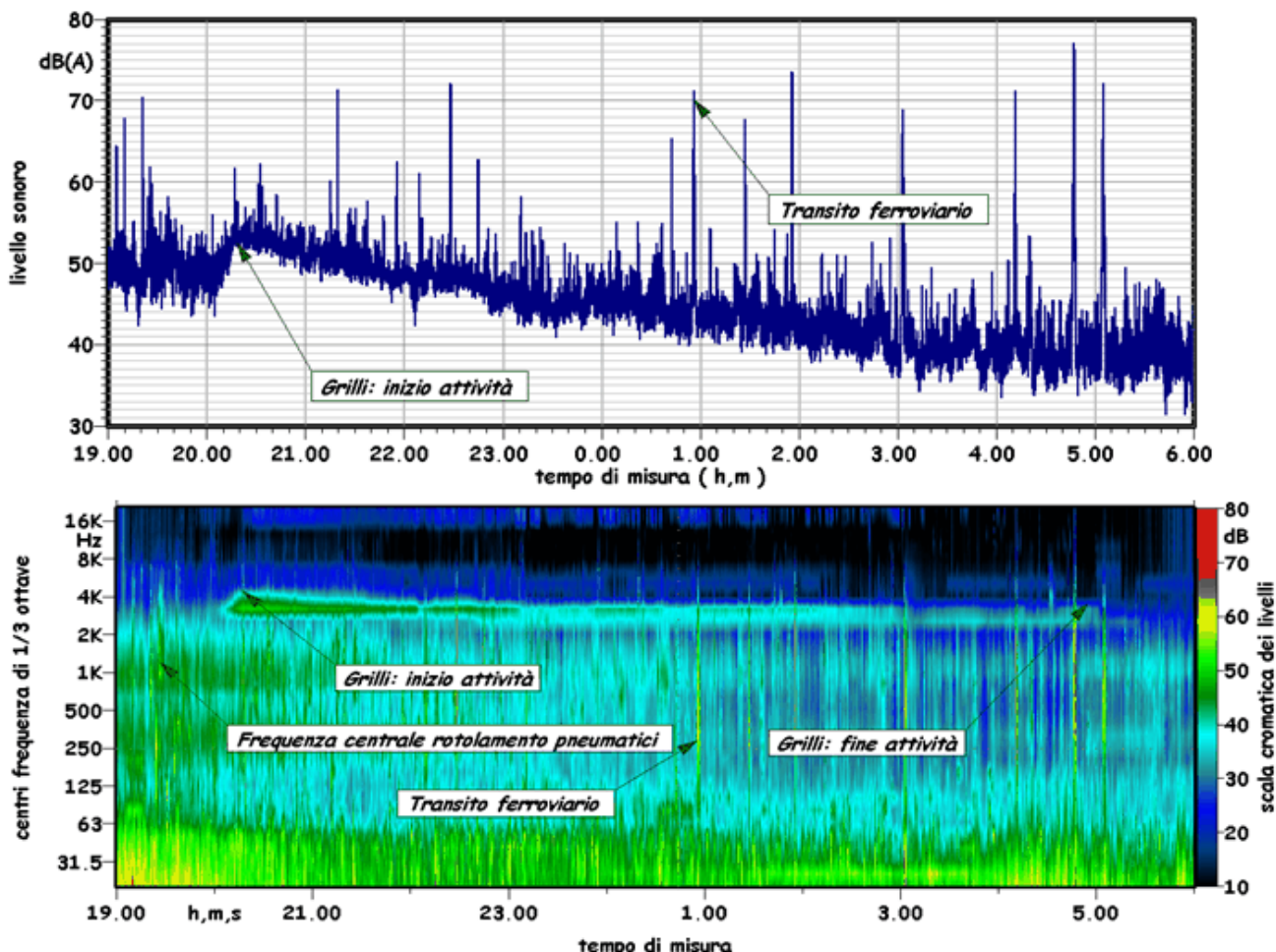
come il flusso autoveicolare nei due periodi sia praticamente costante. La differenza, dopo 2 kHz è quindi il contributo dei grilli che, guarda caso, non ha una struttura tonale ma armonica con fondamentale intorno ai 3.150 Hz, un po' di meno come è desumibile dalla influenza maggiore sul terzo di ottava dei 2.500 Hz. La cosa ci complica consistentemente la vita perché se la struttura fosse tonale interesserebbe tutt'al più i tre terzi di ottava dei 2,5, 3,15 & 4,0 kHz, e solo su quelli dovremmo lavorare; vediamo invece come



l'influenza si estenda dai 2,5 fino a 16 kHz per nove terzi di ottava. I livelli globali dello spettro blu e rosso sono 52,9 e 47,8 dB(A) per una differenza di 5,1 dB che sono il contributo energetico incoerente al rumore dei grilli. Un'analisi a larghezza di banda costante (FFT) di 0,7 Hz ci fa vedere come la struttura frequenziale dal canto non è costituita da un suono armonico, ma da un certo numero di banda

strette di suono delle quali tre stanno in ordine armonico (da 3.082,8 Hz); e una, la 2.743 Hz armonicamente scorrelata. Il timbro del canto dei grilli è quindi determinato dalle due componenti dominanti: 2.743 & 3.082,4 Hz che non stanno in ordine armonico, le altre sono sotto soglia di udibilità. In psicoacustica una componente a banda stretta di un suono o di un rumore è costituita da uno spettro continuo la larghezza del quale è inferiore alla larghezza della rispettiva banda critica. Per la relativa somiglianza delle bande critiche con i filtri a terzi di ottava (da 315 Hz a salire) si può usare questa definizione riferendola anche alla larghezza dei filtri a terzi di ottava. La morfologia dello spettro costituito da componenti a banda stretta e non tonali, è da ricercare probabilmente nel fatto che c'è una certa dispersione nella frequenza fondamentale generata da ogni singolo grillo.

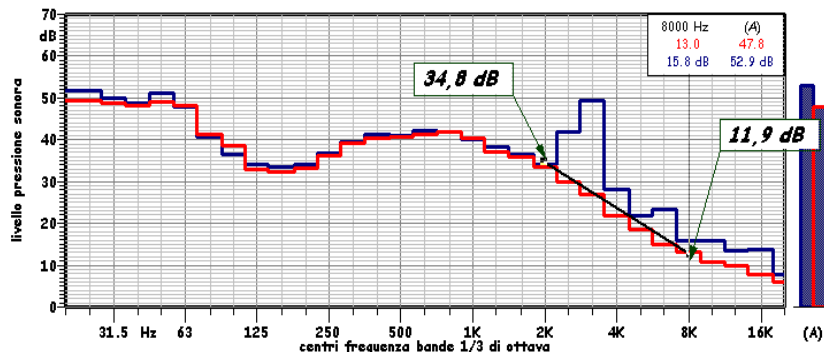
Ora che sappiamo che la fondamentale, vista in terzi di ottava, del canto dei grilli è a 3,150 Hz ci risulta facile identificarla su di un sonogramma e quindi leggere con la giusta chiave di lettura le variazioni dei livelli sulla storia. Dalla lettura combinata di storia e sonogramma possiamo vedere come la festa dei grilli inizi con timidezza poco dopo le 20.00, acquisti vigore raggiungendo il massimo alle 20.20 per poi progressivamente decrescere di livello. Anche i grilli si stancano. Dal sonogramma possiamo vedere come l'intervallo di attività dei grilli si estenda da circa le 20 di sera a circa le 05 del mattino.



L'attività canora dei grilli interessa sia il periodo diurno che quello notturno; il diurno dalle 20.20 alle 22.00, quello notturno dalle 22.00 alle 05.00.

Per togliere il contributo dei grilli, visto che coinvolge 9 terzi di ottava e che il livello è progressivamente a scendere, occorre una operazione un po' più complicata di quella di togliere un semplice tono puro di livello costante. Partendo da uno spettro di Leq diurno o notturno occorre ricostruire la pendenza del

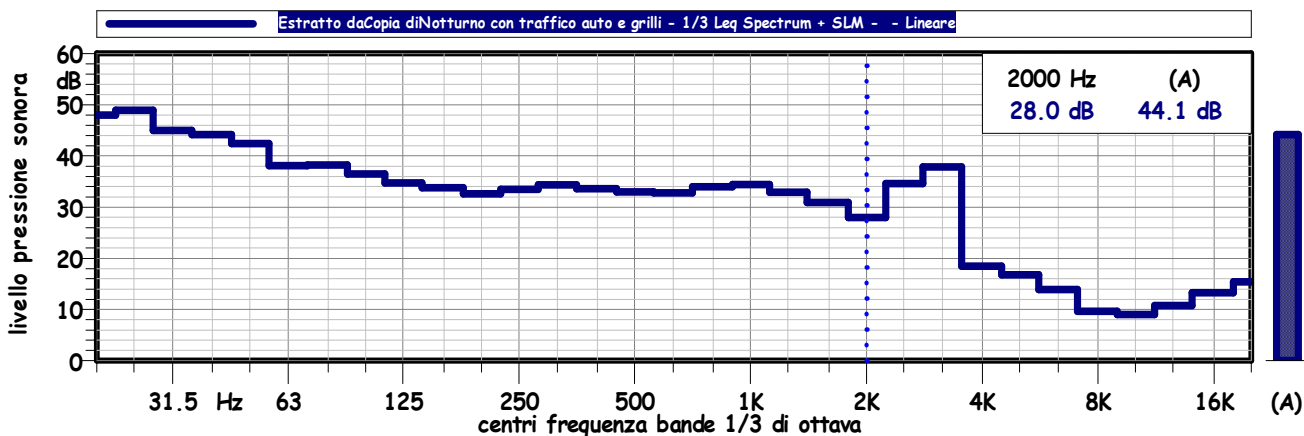
rotolamento dei pneumatici dopo i 2 kHz. La pendenza dopo i 2 kHz, a causa dello assorbimento atmosferico, è una funzione della distanza sorgente - postazione di misura e va quindi misurata su di un campione di spettro misurato controllato da solo TA in quella postazione specifica. Una volta identificata la pendenza è possibile ricostruire gli spettri di periodo applicando loro la stessa pendenza misurata.



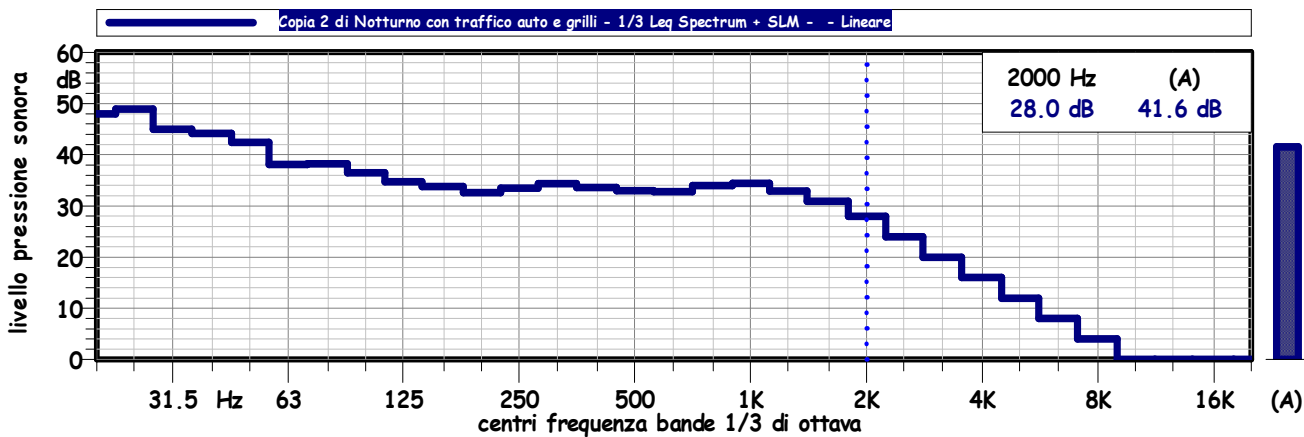
Un esempio di misura della pendenza può essere quello illustrato a sx. Si prendono a riferimento quante più ottave possibile, in questo caso da 2 a 8 kHz; dopo 8 kHz è evidente una diminuzione della pendenza dovuta al rumore intrinseco del fonometro, quindi un artefatto che non può

essere preso in considerazione. A 2 kHz misuriamo un livello di 33,6 dB; a 8 kHz misuriamo un livello di 13,0 dB. Ora, $33,6 - 13,0 = 20,6$ dB che divisi per due ottave fanno $20,6/2 = 10,3$ dB/ottava, che possiamo arrotondare benissimo a 10,5 dB/ottava per avere 3,5 dB/terzo di ottava. Vediamo un esempio di risultato di questa postelaborazione su un periodo notturno:

spettro Leq₂₂₋₀₆ contenente traffico autoveicolare + grilli:



spettro Leq₂₂₋₀₆ contenente solo traffico autoveicolare dopo la ricostruzione della pendenza di 3,5 dB/terzo d'ottava a partire dal livello a 2 kHz di 28 dB.

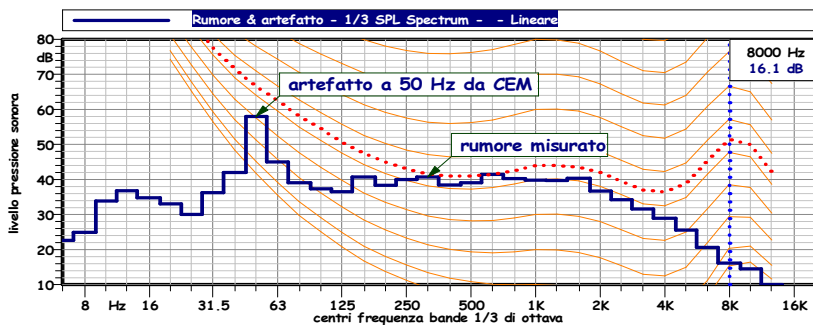


Troviamo che il contributo dei grilli maggiorava questo notturno di $44,1 - 41,6 = 2,5$ dB(A).

Vediamo ora i risultati della settimana di monitoraggio rielaborati giorno per giorno, periodo per periodo, con la media settimanale.

Risultati del monitoraggio				
Sintesi giornalieri diurno . I livelli sono espressi come LAeq,16h, in dB.-				
		Autoveicolare + treni + grilli	Autoveicolare + grilli	Autoveicolare
Venerdì	Diurno	50,6	48,8	47,9
Sabato	Diurno	49,6	47,5	46,5
Domenica	Diurno	49,5	48,3	47,5
Lunedì	Diurno	51,0	48,9	48,3
Martedì	Diurno	50,3	49,1	48,4
Mercoledì	Diurno	50,8	49,3	48,7
Giovedì	Diurno	51,5	48,8	48,0
Media settimanale diurni				
Media*sett.	Diurno	50,5	48,7	47,9
*media di potenza				
Sintesi giornalieri notturno . I livelli sono espressi come LAeq,8h, in dB.-				
		Autoveicolare + treni + grilli	Autoveicolare + grilli	Autoveicolare
Venerdì	Notturmo	48,9	45,7	41,3
Sabato	Notturmo	50,2	44,2	41,6
Domenica	Notturmo	48,3	44,2	42,0
Lunedì	Notturmo	49,7	45,6	43,2
Martedì	Notturmo	50,8	45,2	42,7
Mercoledì	Notturmo	45,5	43,2	43,2
Giovedì	Notturmo	51,5	45,4	43,1
Media settimanale notturni				
Media* sett.	Notturmo	49,6	44,8	42,5
*media di potenza				

10.- Artefatti.- L'artefatto è qualcosa che sembra misura ma misura non è; esprime l'interferenza, sulla misura, di un fattore fisico estraneo alla grandezza che si vuole misurare. Ad esempio se vogliamo misurare suoni o rumori in presenza di vento e non usiamo la palla antivento il risultato della misura sarà controllato dalla turbolenza prodotta dal vento e quindi artefatto totale. Usando la palla antivento si abatterà di circa 20 dB(A) l'artefatto da vento ma occorrerà sempre farci i conti; vedi paragrafo 6, pagina 6; sarà artefatto solo quella parte dello spettro controllata dal vento.

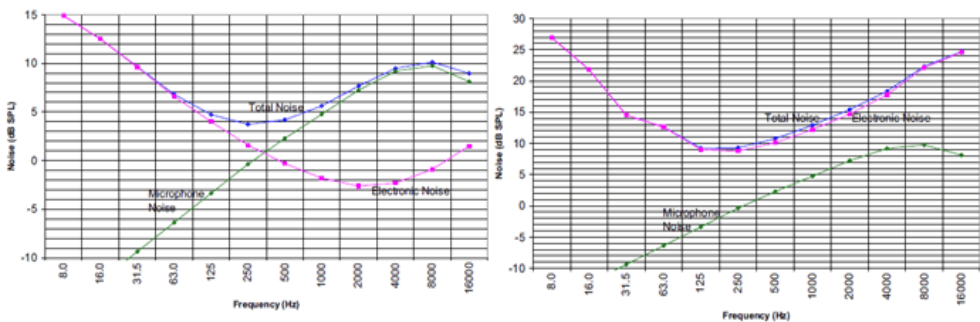


Se facciamo misure alla presenza di un forte campo elettromagnetico alla frequenza di 50 Hz potremo trovare sul fonometro una bella "componente tonale" a 50 Hz che sarà l'influenza del campo elettromagnetico sulla misura, questo 50 Hz è un artefatto. Ovviamente, perché ci sia un

artefatto del genere ci deve essere una sorgente elettromagnetica di potenza che potremo trovare solo alla presenza di grosso macchinario elettrico. Si possono trovare artefatti elettromagnetici anche a frequenze armoniche di 50 o 100 Hz, ma che siano artefatti va verificato utilizzando un finto microfono (dummy microphone) vedi a dx, costituito da un corto circuito capacitivo con una capacità (in pF) uguale a quella del microfono di misura utilizzato, ad esempio lo ADP005 (18 pF) o lo ADP006 (47 pF) o lo ADP090 (12 pF) della Larson Davis (costo: 290 euro).-

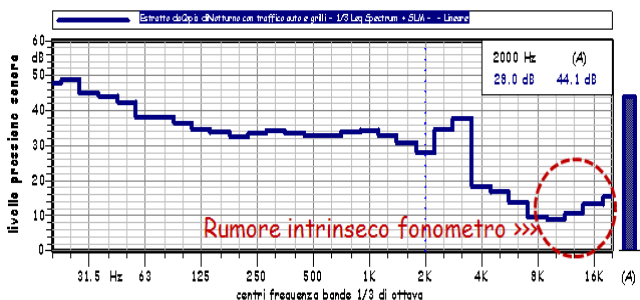


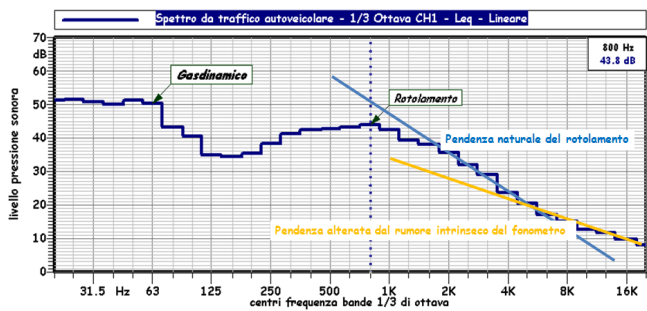
Nelle misure di rumori o suoni a bassi livelli (0-80 dB) si dovrà sempre fare i conti con il rumore intrinseco del preamplificatore e del microfono che per un buon fonometro sono dell'ordine dei 18 dB(A) e con uno spettro a "vaschetta" come da figure a seguire:



vediamo a sx lo spettro del rumore intrinseco tipico di un buon fonometro impostato alle massima sensibilità (0-110 dB); a dx vediamo lo spettro del rumore intrinseco di un buon

fonometro impostato alla sensibilità minima (30-140 dB). Nel primo caso a sx il rumore intrinseco è controllato dalle componenti rumore del preamplificatore (electronic noise) e rumore termico del microfono (microphone noise); nel secondo caso a dx il rumore intrinseco è controllato prevalentemente dal rumore del convertitore analogico - digitale (electronic noise) e in minima parte dal rumore termico del microfono. Nel diagramma qui a dx, dal paragrafo 9, vediamo lo spettro di periodo notturno di traffico autoveicolare + grilli, ma da 10 kHz in poi vediamo la classica struttura spettrale del rumore elettronico del convertitore analogico - digitale e

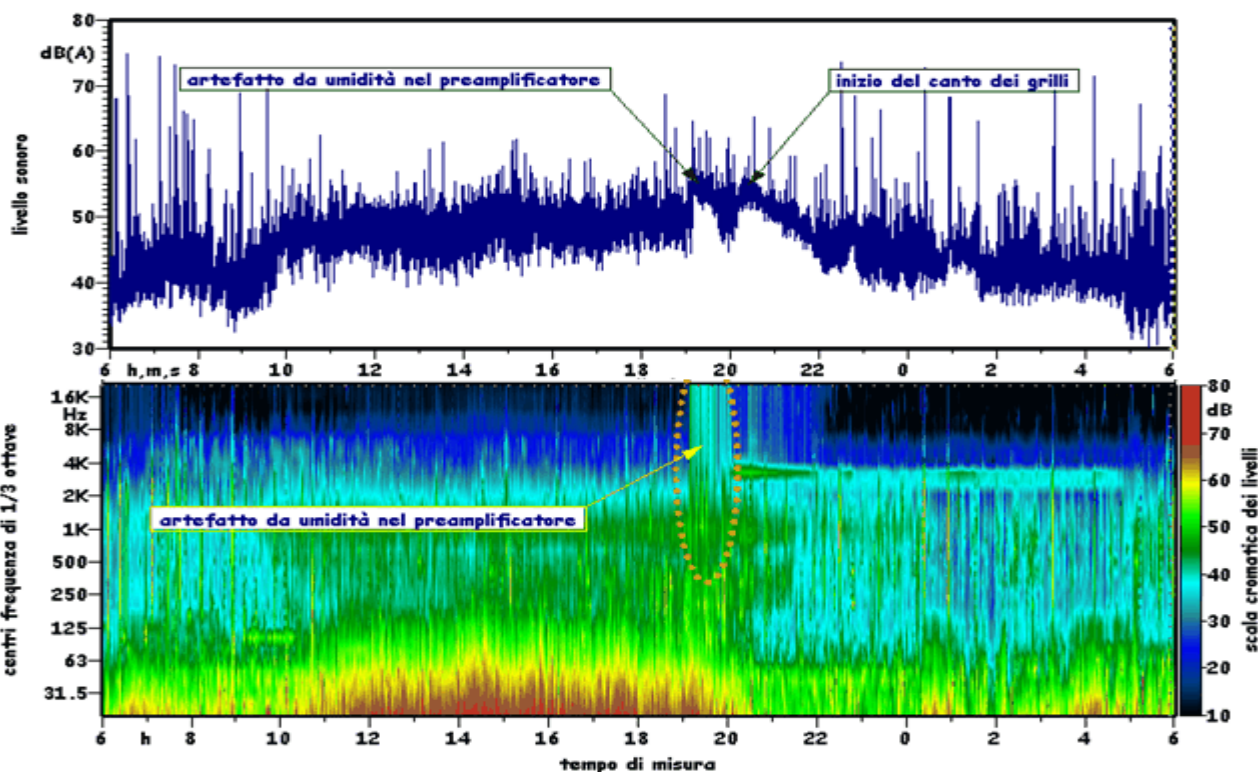




quindi un artefatto da rumore intrinseco che andrebbe eliminato se avesse un qualche peso nella formazione del livello globale ponderato "A". Un altro aspetto è quello vediamo a sx, quando andiamo a valutare la pendenza di una componente di uno spettro a bassi livelli. Il rumore intrinseco sia esso del convertitore analogico-digitale o dello stadio di ingresso, altererà la pendenza della componente

spettrale che ci interessa costringendoci a limitare la banda passante sulla quale misuriamo la pendenza.

Nel paragrafo 4 ho accennato a dispiaceri da mancata protezione del preamplificatore dalla umidità, vediamo di che si tratta:



La presenza di umidità nel preamplificatore può produrre delle dispersioni di corrente dovute all'abbattimento delle resistenze interne fra le connessioni ad alta impedenza. Tali "scariche" hanno carattere frequenziale a banda larga (tipo rumore bianco) e sono nettamente visibili sul sonogramma per il loro contenuto in frequenza e sulla storia per il loro contenuto di energia. Mascherando la zona di artefatto in periodo diurno non veniva alterato il LAeq22-06 per cui non ho dato seguito ad alcuna azione. Ci sono però casi in cui le "scariche" durano per tutti i periodi e per tutte le giornate.... quindi occhio! Evitare di esporre direttamente il preamplificatore all'umidità! Nella figura a dx è visibile uno dei sistemi per la protezione del microfono in esterni Larson Davis EPS2108, la sua funzione specifica è quella di proteggere il microfono da pioggia, vento ed uccelli (rebbi), e microfono, preamplificatore e i contatti preamplificatore - cavo di prolunga dall'umidità.- La protezione del microfono in esterni Larson Davis EPS2108 può essere usata da qualunque marca di fonometro dotato di preamplificatore estraibile da mezzo pollice (costo 750 euro).-

