

# Indici di Valutazione del Rumore

**Andrea Nicolini**

Università degli Studi di Perugia  
Dipartimento di Ingegneria Industriale, sezione di Fisica Tecnica  
[nicolini.unipg@ciriaf.it](mailto:nicolini.unipg@ciriaf.it)

## Introduzione (1)

Il continuo aumento dei rumori prodotti dalla civiltà moderna è giunto ad un punto tale da interagire con lo stato di salute dell'uomo.

I rumori dovuti al sempre più intenso traffico stradale ed aereo, i rumori delle industrie, il rumore prodotto all'interno delle abitazioni dagli elettrodomestici o da impianti di vario tipo e da macchinari propri di alcuni uffici contribuiscono ad una forma di inquinamento ambientale che ha raggiunto ormai vaste proporzioni.

Oltre alle **cause dirette** e più ovvie dell'inquinamento da rumore, quali il continuo aumento in numero ed importanza delle sorgenti di rumore legate all'industrializzazione e alla motorizzazione, esistono **cause indirette** di natura urbanistica:

- agglomerati urbani di sempre maggiori dimensioni, con elevata densità di popolazione e conseguente addensamento delle sorgenti di rumore;
- l'attuale tecnica edilizia che, di norma, rispetto a quella antica, favorisce grandemente la propagazione di rumori e vibrazioni.

## Introduzione (2)

**Per il rumore prodotto dall'attività umana non sembra esserci adattamento biologico, al contrario di quello prodotto da fenomeni naturali, come il vento, la pioggia, il tuono, le cascate d'acqua.**

**Alcuni scienziati affermano che nella nostra epoca il rumore è causa di precoce invecchiamento in 30 casi su 100 e che nelle grandi città esso riduce la vita media dell'uomo di alcuni anni.**

**Sembra inevitabile che una civiltà in via di sviluppo cominci dapprima col produrre più rumore e solo in uno stadio successivo, quando ha ormai raggiunto un adeguato livello culturale e tecnologico, dedichi parte delle sue risorse al benessere della collettività e inizi a disprezzare il rumore quale sottoprodotto inutile e nocivo.**

## Aspetti qualitativi della sensazione uditiva (1)

Con riferimento agli **aspetti qualitativi della sensazione uditiva**, la grande varietà dei fenomeni rende impossibile una classificazione tipologica utile per costruire una scala fonometrica. Ci si limita così a considerare 3 classi di fenomeni acustici:

➡ **fenomeni desiderati**: sono quelli attraverso i quali l'organo dell'udito acquisisce informazioni convenienti (parola, musica ed anche fenomeni sgradevoli ma di grande utilità, come il campo acustico generato da un dispositivo di allarme);

➡ **fenomeni non desiderati**: sono quelli che generano fastidio nell'organo dell'udito (rumori in genere, ma anche parola o musica, quando non siano desiderate dall'ascoltatore);

➡ **fenomeni neutri**: sono spesso dovuti ai campi acustici naturali (generati da vento, mare, pioggia ed altro), ma anche a campi artificiali di entità e tipologia tali da non provocare disturbo. Di solito si dice che i fenomeni neutri, nel loro insieme, costituiscono il rumore di fondo.

## Aspetti qualitativi della sensazione uditiva (2)

Spesso si suddividono i fenomeni acustici in suoni e rumori, con attenzione alla *natura dello spettro acustico*.

➡ Un *suono* ha uno spettro discontinuo, formato di componenti tonali nelle quali è concentrata praticamente tutta la potenza del campo acustico; esempio tipico di suono è quello generato da uno strumento musicale.

➡ Un *rumore* ha uno spettro continuo, nel quale, di solito, non sono evidenziabili forti componenti tonali; esempio tipico di rumore è quello generato dal traffico automobilistico.

Molto spesso i suoni coincidono con i suoni desiderati ed i rumori con i suoni non desiderati. Vi sono però numerose eccezioni, come quella del vicino di casa che produce o ascolta musica piacevole, ma che in quel momento non vogliamo ascoltare: per noi quella musica è sgradevole, è un suono indesiderato; a volte si dice, con espressione impropria, che quella musica per noi è un rumore.

## Rumore (1)

La definizione di ***rumore*** riportata nel DPCM 1° marzo 1991 è la seguente: ***qualunque emissione sonora che provochi sull'uomo effetti indesiderati, disturbanti o dannosi o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo dell'ambiente.***

I danni prodotti dal rumore non sono solo quelli a livello uditivo, ma possono essere anche disturbi sul sistema nervoso, cardiovascolare e neuro-psichico.

Nel concetto di rumorosità di una sorgente devono essere comprese anche valutazioni di carattere psicologico e ambientale: una musica può essere classificata come rumore se, provenendo da un ambiente esterno, disturba il sonno o la capacità di concentrazione di una persona intenta allo studio. D'altra parte il rumore prodotto da un'auto da corsa, di livello molto elevato, può risultare graditissimo o fastidiosissimo, a seconda di come si è predisposti ad ascoltarlo.

## Rumore (2)

In definitiva, il **rumore** è una sensazione soggettiva; si definisce tale tutto ciò che soggettivamente non piace all'ascoltatore

➔ per rumore si intende qualsiasi emissione sonora che, in una specifica situazione, non si desidera ascoltare o interferisce con una specifica attività.

I rumori rientrano nella categoria dei suoni udibili e come tali si comportano dal punto di vista fisico.

Per quanto riguarda le sorgenti di rumore, esse sono caratterizzate, come tutte le altre sorgenti sonore, dalla potenza emessa, dallo spettro di emissione e dalla distribuzione della potenza emessa nelle varie direzioni.

I rumori che non contengono informazione sono quelli a spettro bianco (**rumore bianco**) e quelli a spettro rosa (**rumore rosa**)

## Rumore (3)

**Intensità acustica prodotta da varie sorgenti (valori espressi rispetto ad un valore di soglia pari a  $1 \text{ pW/m}^2$ , intensità relativa = 1).**

Sorgente	Intensità acustica	Livello (dB)
Soglia di udibilità	1	0
Respiro normale	10	10 (appena udibile)
Stormire di foglie	$10^2$	20
Voce bisbigliata	$10^3$	30 (molto quieto)
Ristorante tranquillo	$10^4$	40
Ufficio silenzioso	$10^5$	50
Conversazione tra 2 persone	$10^6$	60
Interno di ufficio rumoroso	$10^7$	70 (disturbante)
Traffico stradale rumoroso	$10^8$	80
Autotreno (a 15 m)	$10^9$	90 (pericolo esposizioni prolungate)
Metropolitana	$10^{10}$	100
Complesso rock	$10^{11}$	110
Martello pneumatico	$10^{12}$	120 (soglia del dolore)
Fuoco di mitragliatrice	$10^{13}$	130
Decollo di un piccolo aereo	$10^{14}$	140
Galleria aerodinamica	$10^{15}$	150
Decollo di un grande aereo	$10^{17}$	170



## Indici di valutazione del rumore (1)

Nello studio degli effetti del rumore sull'uomo occorre tenere presente il carattere soggettivo ed individuale della risposta al rumore.

È per tale ragione che l'approccio metodologico seguito è di natura statistica, basato sul comportamento medio di una comunità di persone: solo in questo modo è possibile individuare parametri oggettivi in grado di correlare le sensazioni soggettive alle caratteristiche fisiche del suono indesiderato.

La definizione di *indici di valutazione del disturbo da rumore*, per quantificare la risposta soggettiva al rumore, fa in genere riferimento ai seguenti aspetti: composizione spettrale, livelli energetici per banda, intensità soggettiva della sensazione, livelli statistici, interferenza con la comunicazione verbale, tipologia del rumore (aereo, stradale, ecc.), superamento del livello di rumore di fondo, risposte e reazioni della comunità.

Nel seguito sono definiti alcuni degli indici più significativi per la valutazione del disturbo da rumore.

## Indici di valutazione del rumore (2)

### Livello di pressione sonora ponderata A

$P_r = 20 \mu Pa$  = press. acustica di riferimento

$p_A(t)$  = press. acustica istantanea ponderata A

$$L_{pA}(t) = 10 \log \left( \frac{p_A(t)}{P_r} \right)^2$$

Il livello di pressione sonora così definito si misura in **dB(A)** ed è ottenuto filtrando il segnale di pressione con un **filtro ponderatore (curva A)**, che riproduce approssimativamente la sensibilità dell'orecchio umano al variare della frequenza, secondo la curva a 40 phon.

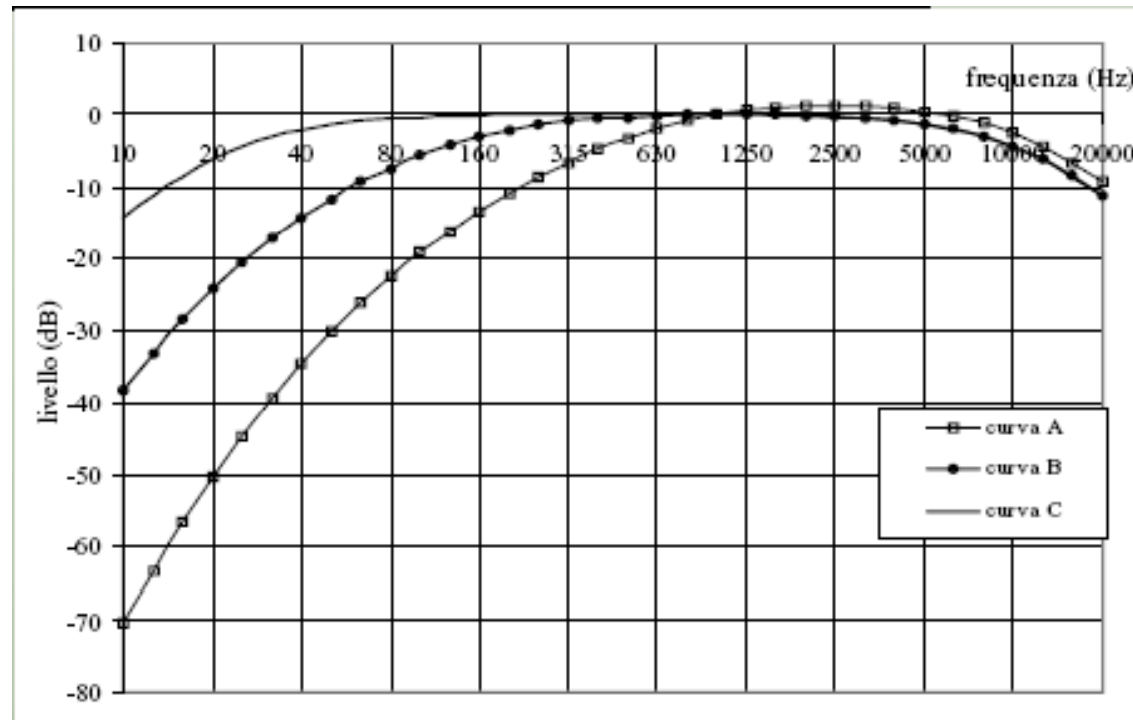
L'uso del livello di pressione sonora ponderata A si è rapidamente diffuso da quando si è dimostrato che, nel caso di rumori a larga banda privi di componenti in frequenza dominanti, esiste generalmente una buona correlazione fra valori di livello espressi in dB(A) e l'entità del disturbo soggettivo associato al rumore.

## Indici di valutazione del rumore (3)

### **Livello di pressione sonora ponderata A**

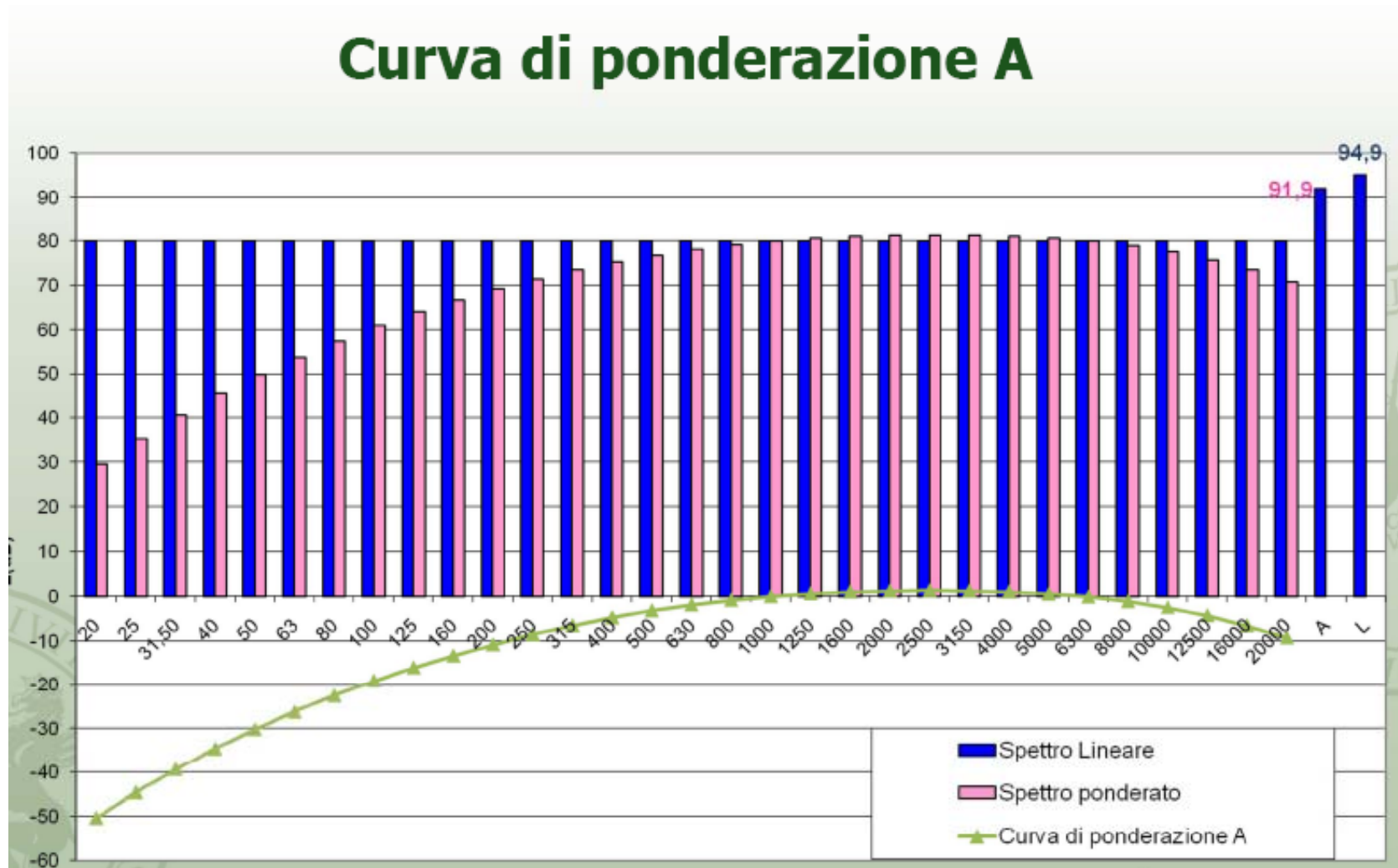
Le analoghe curve ottenute a partire dalle isofoniche a 70 e 100 phon vennero chiamate *curve di ponderazione B e C*.

Delle 3 curve che consentono di ponderare il disturbo in funzione della frequenza, la più usata è la curva A, implementata su tutti gli strumenti. Un segnale che passa in un filtro con le caratteristiche delle curve citate presenta diversa attenuazione alle varie frequenze, simulando con buona approssimazione ciò che avviene nell'orecchio umano.



# Indici di valutazione del rumore (4)

## Livello di pressione sonora ponderata A



## Indici di valutazione del rumore (5)

**Livello sonoro continuo  
equivalente ponderato A**

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_{pA}(t)}{10}} dt \right]$$

$L_{pA}(t)$  = livello di press. acustica istantanea ponderata A

**Secondo il procedimento di valutazione del rumore basato sul livello equivalente viene considerato preponderante il contributo dell'energia media percepita rispetto ai valori di potenza istantanei (dose di esposizione al rumore).**

## Indici di valutazione del rumore (6)

Il **livello di rumore ambientale**  $L_A$  è un indice che tiene conto del contesto ambientale e di un tempo di valutazione pari al tempo di riferimento  $T_R$ , corrispondente ad un intero **periodo diurno (dalle ore 6.00 alle 22.00) o notturno (dalle ore 22.00 alle 6.00)**; la valutazione avviene considerando il  $L_{Aeq,T}$  nel tempo  $T_R$  prodotto da tutte le sorgenti di rumore presenti in un determinato luogo, compreso il rumore di fondo, escludendo tuttavia eventi sonori, singolarmente identificabili, ma di natura eccezionale per quella zona.

Al fine di rendere il livello equivalente ponderato A ancora più rappresentativo del disturbo da rumore è stato introdotto il **livello corretto**  $L_c$ , che tiene conto della distribuzione in frequenza e della rapidità dello stimolo sonoro:

$$L_c = L_A + K_I + K_T + K_B \quad [dB(A)]$$

## Indici di valutazione del rumore (7)

Se il rumore é caratterizzato dalla presenza di **componenti impulsive**:

➔  $K_i = 3 \text{ dB(A)}$

Secondo quanto stabilito dal DM 16 marzo 1998:

vi è componente impulsiva quando si verificano le seguenti condizioni:

- 1) l'evento è ripetitivo, cioè si verifica almeno 10 volte in un'ora durante il giorno e almeno 2 volte in un'ora durante la notte;
- 2) misurando il livello di pressione sonora ponderato A dell'evento con costante di tempo impulse  $L_{A,impulse}$  e slow  $L_{A,slow}$ , la differenza tra i valori massimi rilevati è  $> 6 \text{ dB}$ ;
- 3) misurando il livello di pressione sonora ponderato A con costante di tempo fast  $L_{A,fast}$ , la durata dell'evento con livello pari a  $(L_{A,fast,max} - 10 \text{ dB})$  è  $< 1 \text{ secondo}$ .

## Indici di valutazione del rumore (8)

Se il rumore é caratterizzato dalla presenza di **componenti tonali**:

➔  $K_T = 3 \text{ dB(A)}$

Secondo quanto stabilito dal DM 16 marzo 1998:

vi è componente tonale quando, effettuando un'analisi spettrale per bande di un terzo di ottava nell'intervallo di frequenza 20 Hz ÷ 20 kHz:

- 1) il livello di una banda supera i livelli delle bande adiacenti per almeno 5 dB;
- 2) il livello della banda che soddisfa la condizione 1) tocca una isofonica uguale o superiore a quella raggiunta dalle altre componenti dello spettro;



## Indici di valutazione del rumore (9)

Se il rumore é caratterizzato dalla presenza di *componenti in bassa frequenza*:

➔  $K_B = 3 \text{ dB(A)}$

Secondo quanto stabilito dal DM 16 marzo 1998:  
vi è componente in bassa frequenza se è presente una componente tonale, rilevata col metodo sopra esposto, nell'intervallo di frequenze compreso fra 20 e 200 Hz.

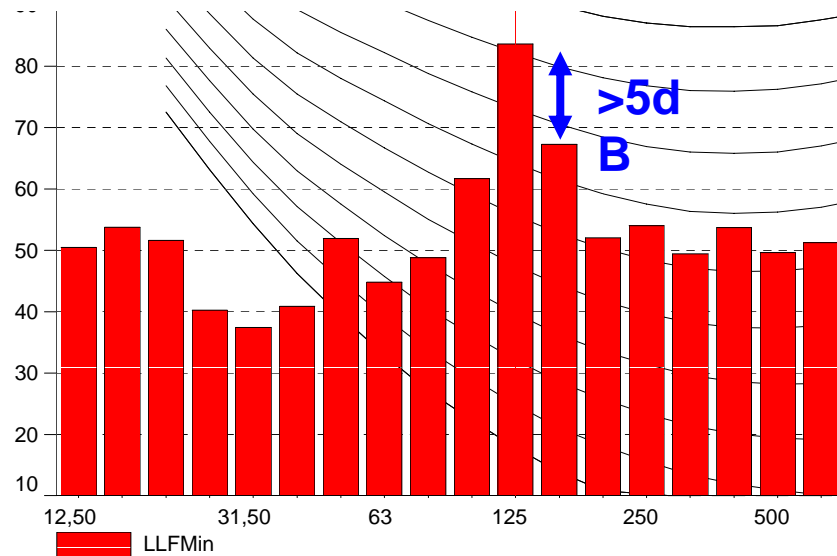
# Indici di valutazione del rumore (10)

Decreto 16/03/98

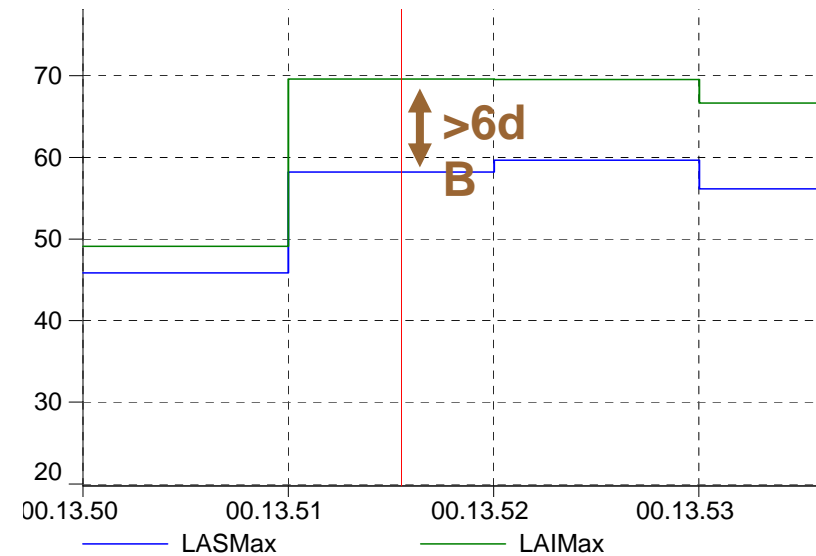
*“Tecniche di rilevamento e di misura dell'inquinamento acustico”*

introduce alcune procedure e specifiche tecniche con il fine di rendere omogenee su tutto il territorio nazionale le tecniche di rilevamento del rumore ed in modo da ottenere dati e informazioni confrontabili

## Componenti Tionali



## Componenti Impulsive



## Indici di valutazione del rumore (11)

**Livello di rumore corretto diurno  $L_{cd}$**  → Lo stesso indice  $L_c$  può subire un'ulteriore correzione se valutato nel tempo di riferimento diurno  $T_R$  (dalle 6.00 alle 22.00). Tale correzione, questa volta in diminuzione, si applica se la durata del rumore nel periodo  $T_R$  diurno non supera 1 ora. Il valore di  $L_c$  viene diminuito di:

**3 dB(A)** se la durata è compresa tra 15 minuti e 1 ora;

**5 dB(A)** se è < 15 minuti.

**Livello differenziale di rumore  $L_D$**  → I criteri di valutazione dell'entità del disturbo su una popolazione possono ricondursi a: 1) superamento di determinati livelli limite; 2) entità del superamento del livello di rumore rispetto a quello misurato in assenza della sorgente disturbante (*rumore residuo*). Nel secondo caso si introduce il livello differenziale di rumore  $L_D$ , studiato per valutare il disturbo da rumore di una specifica sorgente. Tale indice è valutato in base all'incremento del livello di rumore rispetto al livello residuo, presente quando la sorgente specifica è disattivata.

## Indici di valutazione del rumore (12)

**Livello giorno-sera-notte**  
**(day-evening-night level)**  
**[dB]** →

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left( 12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

- $L_{den}$**  è il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», determinato sull'insieme dei periodi giornalieri di un anno solare;
- $L_{day}$**  è il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», determinato sull'insieme dei periodi diurni di un anno solare;
- $L_{evening}$**  è il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», determinato sull'insieme dei periodi serali di un anno solare;
- $L_{night}$**  è il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», determinato sull'insieme dei periodi notturni di un anno solare.

**Periodo giorno-sera-notte:** dalle 6.00 alle 6.00 del giorno successivo, a sua volta così suddiviso:

- 1) **periodo diurno:** dalle 07.00 alle 19.00;
- 2) **periodo serale:** dalle 19.00 alle 23.00;
- 3) **periodo notturno:** dalle 23.00 alle 07.00;

## Indici di valutazione del rumore (13)

**Livello giorno-sera-notte**  
**(day-evening-night level)**  
**[dB]**

$$\rightarrow L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left( 14 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{L_{evening+5}}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night+10}}{10}} \right)$$

DL 19 agosto 2005, n. 194 - «Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale»

(GU n. 222 del 23/09/05)

Periodo giorno-sera-notte: dalle 6.00 alle 6.00 del giorno successivo, a sua volta così suddiviso:

- 1) periodo diurno: dalle 06.00 alle 20.00;
- 2) periodo serale: dalle 20.00 alle 22.00;
- 3) periodo notturno: dalle 22.00 alle 06.00;

## Indici di valutazione del rumore (14)

### *Analisi statistica dei livelli*

I valori istantanei di livello di pressione sonora, che si ottengono dall'acquisizione di un segnale variabile nel tempo per un certo periodo di misura, possono essere, oltre che integrati per calcolare il  $L_{Aeq,T}$ , anche analizzati su base statistica, per calcolare il livello  $L_N$  superato per l' $N\%$  del tempo dai livelli acquisiti durante il periodo di misura. I parametri più significativi sono:

$N = 90$  →  $L_{90}$  = livello superato per il 90% delle volte, che fornisce indicazioni sul rumore di fondo;

$N = 50$  →  $L_{50}$  = livello superato per il 50% delle volte, che fornisce indicazioni sul rumore medio;

$N = 10$  →  $L_{10}$  = livello superato per il 10% delle volte, che fornisce indicazioni sul valore di picco del rumore.

## Effetti del rumore sull'uomo (1)

L'esposizione umana al rumore produce effetti classificabili come:

➔ **Fastidio** o **annoyance**: senso di insoddisfazione dell'individuo nei confronti dell'ambiente sonoro circostante; risposta soggettiva ad un rumore di modesta intensità media, di durata prolungata o ripetitiva.

➔ **Disturbo**: all'insoddisfazione per l'ambiente sonoro circostante si aggiunge una qualunque alterazione temporanea delle condizioni psicofisiche dell'individuo. Nel disturbo la risposta soggettiva al rumore induce effetti fisiopatologici.

➔ **Danno**: qualunque alterazione, non reversibile o solo parzialmente reversibile e clinicamente accertabile, dello stato di salute di un individuo; l'alterazione in genere riguarda direttamente la funzione uditiva, e può sfociare in ipoacusia o sordità, ma in taluni casi può essere anche di tipo extrauditivo; risposta soggettiva a rumori di forte intensità e di breve durata (esplosioni), oppure ad una prolungata e ripetitiva esposizione al rumore, di particolari ambienti di lavoro o di certi ambienti di svago (discoteche).

## Effetti del rumore sull'uomo (2)

Gli effetti dell'esposizione umana al rumore dipendono dalle caratteristiche di **intensità media**, **durata** e **tipologia dello stimolo sonoro**.

➡ Per **tipologia** si intendono le caratteristiche del rumore legate alla sua composizione spettrale ed alla evoluzione temporale della pressione sonora istantanea (ad esempio le caratteristiche tonali in bassa frequenza, impulsive, a tempo parziale, etc.).

A titolo indicativo sono riportati i valori dell'intensità acustica media che, per una prolungata esposizione, possono provocare gli effetti sopra descritti.

La sovrapposizione dei valori é dovuta alle diverse reazioni soggettive degli individui, alla durata dello stimolo acustico, alla tipologia del rumore ed al periodo di esposizione (diurno o notturno).

INTENSITÀ MEDIA dB(A)	EFFETTI
da 30 a 65 dB(A)	fastidio
da 50 a 85 dB(A)	disturbo
oltre 80 dB(A)	danno