

Università degli Studi di Reggio Calabria

Facoltà di Ingegneria

Infrastrutture viarie nel territorio

Inquinamento Acustico

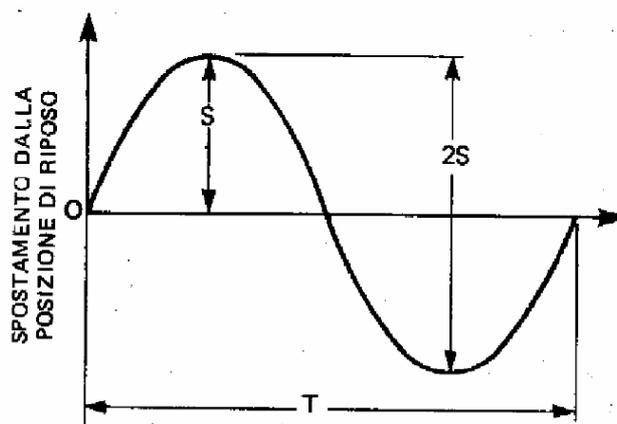
Ing. Giovanni Leonardi

RUMORE

rumore: *suono non desiderato e disturbante (def. fisiopatologica)*

PROPRIETÀ FISICHE

- **frequenza f:** [Hz] numero di vibrazioni complete nell'unità di tempo ($\omega = 2\pi f$)
- **periodo T:** [s] $T=1/f$
- **velocità di propagazione c:** [m/s] dipende dalla natura del mezzo e dalla temperatura
- **lunghezza d'onda l:**
distanza percorsa nell'atmosfera da un'onda in un periodo $\lambda = cT = \frac{c}{f}$



S = spostamento massimo o ampiezza;
T = durata di un ciclo in secondi;
f = 1/T = frequenza = numero di cicli al secondo.

- **potenza sonora di una sorgente W:** [W] energia sonora totale irradiata dalla sorgente nell'unità di tempo:

Sorgente	Potenza sonora	Livello di potenza sonora
Jet	10 kW	160 dB
Martello pneumatico	1 W	120 dB
Automobile a 80 km/h	0,1 W	110 dB
Pianoforte	20 mW	103 dB
Conversazione normale	20 μ W	73 dB
Bisbiglio	0,001 μ W	30 dB

- **pressione sonora**: variazione di pressione prodotta dal fenomeno acustico rispetto al valore statico.

Essa si può caratterizzare considerando il valore RMS (ampiezza quadratica media) o valore efficace, che è la radice quadrata dei quadrati degli spostamenti mediati in un periodo, secondo la seguente relazione:

$$P_{(RMS)} = \sqrt{\frac{p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + \dots + p_N^2}{N}}$$

- **livello di pressione sonora L_p** : unità di misura è il decibel [dB]

Il **livello di potenza sonora L_w** di una sorgente può essere espresso attraverso la relazione:

$$L_w = 10 \log_{10} \left(\frac{W}{W_0} \right) \quad \text{dB}$$

dove W è la potenza sonora della sorgente in watt e W_0 è la potenza di riferimento pari a 10^{-12} W.

Il **livello di pressione sonora L_p** (SPL) in decibel, corrispondente ad una certa pressione p , è definito dalla relazione:

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad \text{con } p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pascal}$$

p_0 è la soglia media di udibilità di una persona giovane audiologicamente sana a 1000 Hz.

Si può, quindi, affermare:

$$L_p = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{20} \right) \quad \text{dB}$$

Ad un raddoppio di pressione sonora corrisponde un aumento di 6 dB

Sorgente	L _p [dB]
Pressa idraulica, a 1 m	140
Clacson di automobile, a 1 m	120
Tornio automatico, a 1 m	100
Conversazione, a 1 m	70
Uffici con macchine contabili	80
Officina meccanica	90

LA PERCEZIONE DEI SUONI E DEI RUMORI

Nell'ambito delle grandezze sonore, oltre ai parametri oggettivi, cioè misurabili fisicamente con uno strumento, occorre mettere in conto le grandezze di tipo soggettivo, cioè legate ai meccanismi fisiologici della percezione uditiva.

In particolare interessa valutare, a partire dal livello sonoro oggettivo, il livello soggettivo corrispondente (loudness).

Quando si considerano grandezze di tipo soggettivo occorre fare riferimento all'ascoltatore medio, determinato su base statistica su un campione di una popolazione costituita da individui giovani privi di difetti dell'udito.

Un parametro soggettivo particolarmente importante, è dato dall'intensità sonora della sensazione uditiva. Tale parametro è

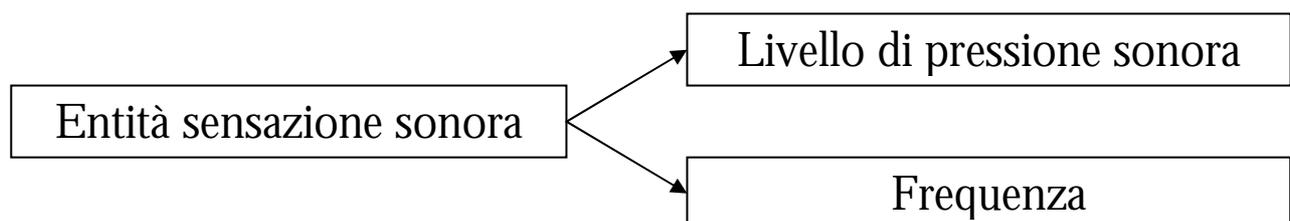
legato al livello di pressione sonora e alla composizione spettrale del rumore (questo spiega perché due suoni di diversa frequenza e pari intensità vengono percepiti di intensità diversa dall'orecchio)

Per la valutazione di tale parametro si fa riferimento al livello di intensità soggettiva misurato in **phon**.

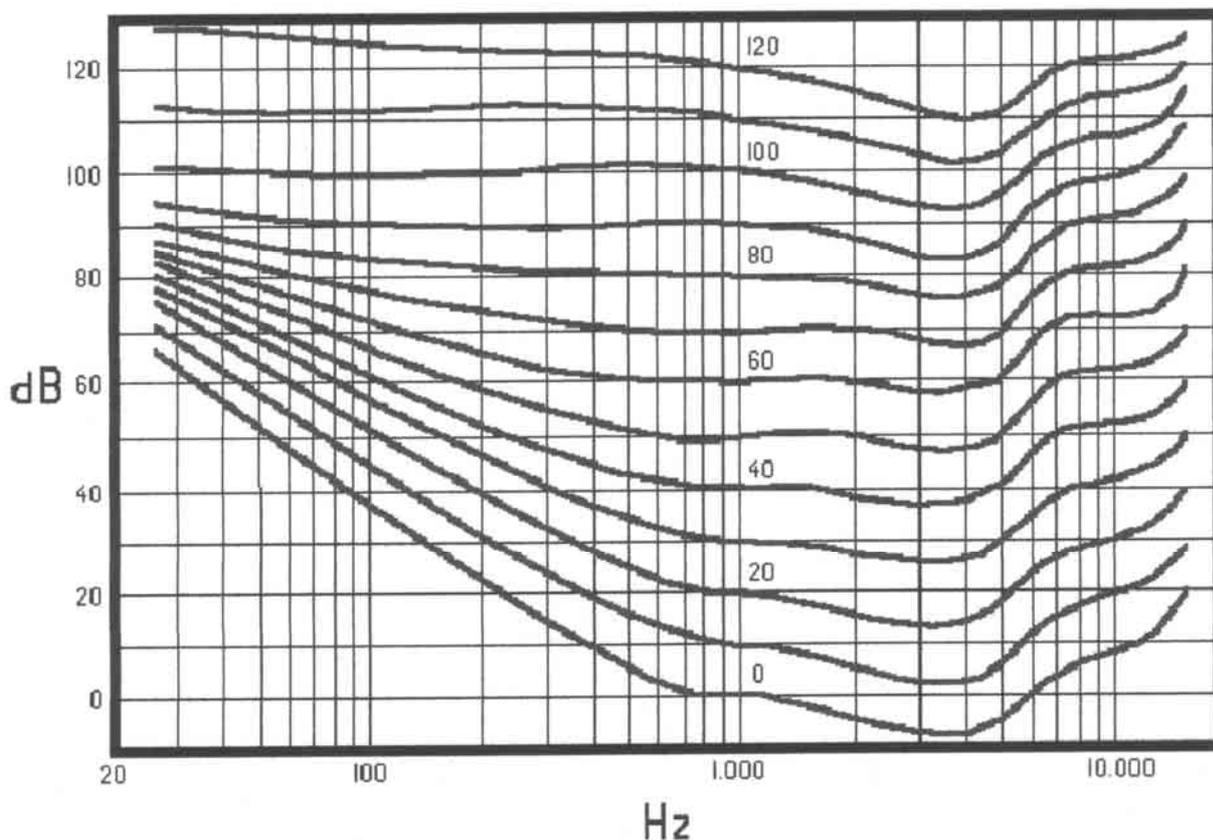
Il phon rappresenta l'effetto di 1 decibel alla frequenza di riferimento di 1000 hertz, frequenza alla quale i valori espressi in decibel o in phon si equivalgono.

Sulla base di numerose esperienze sono state costruite e normalizzate le **isofoniche**, cioè le curve di eguale sensazione acustica; l'insieme delle isofoniche costituisce il cosiddetto audiogramma normale.

CURVE DI PONDERAZIONE:



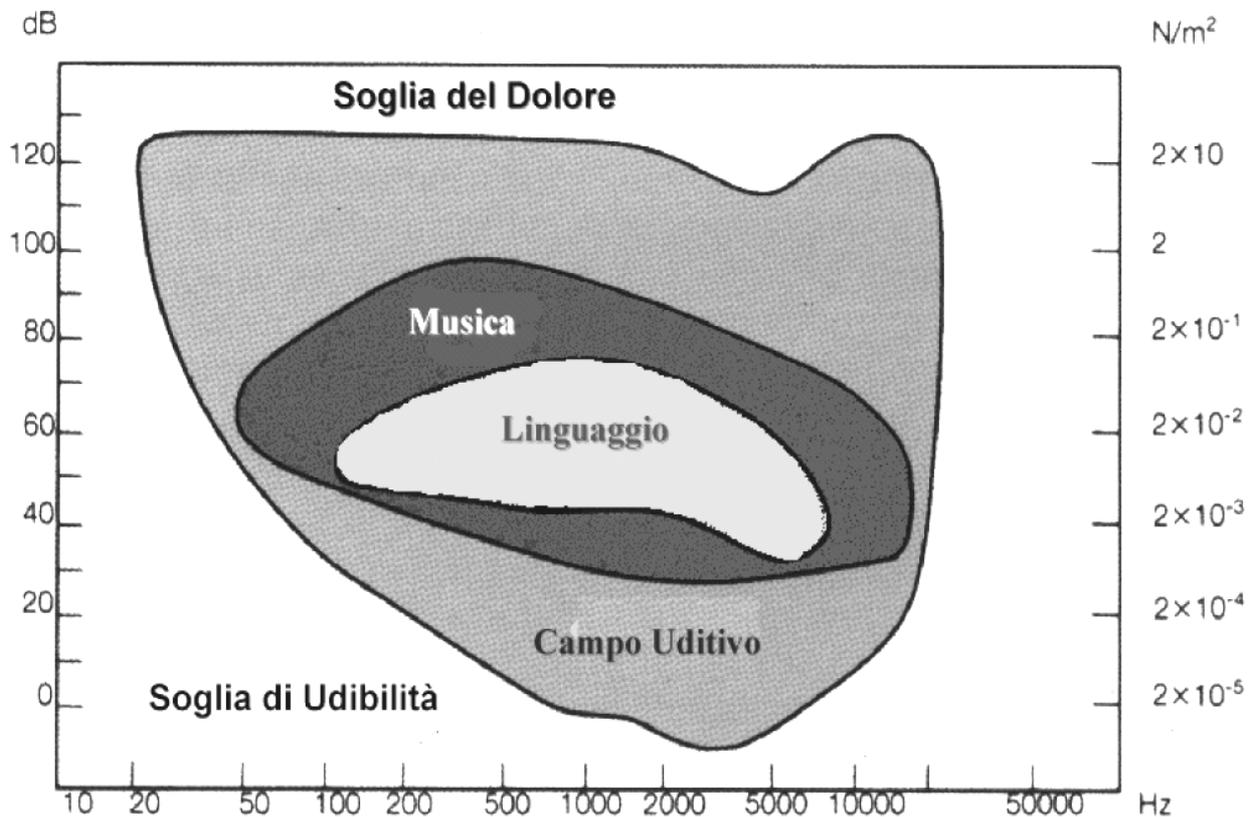
- I suoni aventi lo stesso livello di pressione sonora ma frequenze diverse vengono percepiti in modo diverso.
- Per raggiungere una buona approssimazione della risposta umana occorre compensare strumentalmente il fatto che l'orecchio sente meglio le alte frequenze rispetto alle basse. Questa operazione si dice **PONDERAZIONE**.



Tali curve mettono in relazione la frequenza di toni puri ed il corrispondente livello di pressione sonora a parità di sensazione acustica (loudness).

Esaminando il loro andamento, si deduce che la massima sensibilità dell'orecchio si ha per frequenze comprese tra 1000 e 6000 Hz, e che questa poi decresce sia per le basse frequenze che per le alte; un appiattimento, inoltre, delle isofoniche superiori rispetto a quelle inferiori mette in luce la minore sensibilità, dovuta ad una azione protettiva dell'organo uditivo, ai valori elevati della pressione sonora.

L'insieme dei suoni percepibili dall'orecchio umano è racchiuso in una ampia area dell'audiogramma normale delimitata dalle soglie di udibilità e del dolore



I LIVELLI SONORI PONDERATI

Al fine di valutare la sensazione derivante da un rumore viene di solito utilizzato un misuratore del livello di pressione sonora.

In tale strumento, detto **fonometro**, la pressione sonora viene trasformata in un segnale elettrico, che subisce una pesatura opportuna, tendente a seguire l'andamento delle isofoniche dell'audiogramma normale all'inverso, nel senso che, per frequenze di maggiore sensibilità dell'orecchio, la pesatura è positiva e l'importanza dei suoni in quell'intervallo viene esaltata, mentre per frequenze al di sopra e al di sotto la pesatura è negativa e l'importanza viene diminuita.

Nei misuratori di livello sonoro sono incluse quattro curve di ponderazione A,B,C, e D.

L'unità di misura è sempre il decibel:

$$dB(A) \rightarrow \text{livello sonoro ponderato A}$$

La curva di peso A è quella più utilizzata nella valutazione del disturbo e del danno derivanti dall'esposizione al rumore.

La curva di ponderazione A riesce a meglio simulare la risposta dell'orecchio umano per livelli di pressione sonora inferiori ai 60dB.

CRITERI DI VALUTAZIONE DEL DISTURBO DA RUMORE

Il livello sonoro equivalente

Prefissato un intervallo di tempo di osservazione, il livello sonoro equivalente è livello stazionario cui compete, nell'intervallo considerato, la stessa energia del rumore di livello variabile da analizzare;

Esso rappresenta il livello di pressione sonora di un suono costante che, nel predetto intervallo di tempo, espone l'individuo disturbato alla stessa energia acustica di quella che si ha considerando l'effettiva variabilità del suono.

Da un punto di vista analitico si effettua la media energetica dei livelli istantanei di rumore rilevati nel tempo di osservazione:

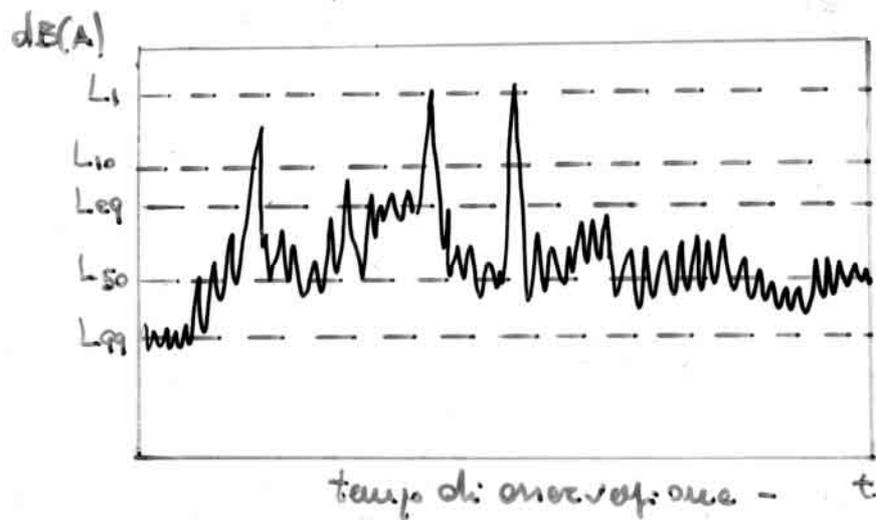
$$L_{eq} = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt \right] \quad \text{dBA}$$

essendo $T[s]$ l'intervallo di tempo di riferimento, $p(t)$ [Pa] la pressione sonora in valore efficace, $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ la pressione sonora di riferimento.

Con questo criterio si sostituisce al reale valore fluttuante del livello di pressione sonora, misurato durante un tempo di osservazione T , un valore costante e continuo (L_{eq}), che rappresenta un indice di valutazione degli effetti del rumore.

I Livelli di pressione sonora

Le norme fissano soglie accettabili di rumore in riferimento ai percentili di SPL – indicati con L_N , ossia quei valori di pressione che vengono superati solo per l'N% del tempo di osservazione.



L_1 = Livello superato per l'1% del tempo di osservazione indicativo dei livelli massimi raggiunti dal rumore (rumorosità di picco).

L_{10} = Livello superato per il 10% del tempo di osservazione indicativo dei livelli massimi raggiunti dal rumore (rumorosità di picco).

L_{50} = (rumorosità media o livello mediano),

L_{90} = Livello superato per il 90% del tempo di osservazione rumorosità di fondo.

L_{99} = Livello superato per il 99% del tempo di osservazione rumorosità di fondo.

$L_{10} - L_{90} \rightarrow$ CLIMA DI RUMORE

Indice dell'entità delle fluttuazioni del rumore

INQUINAMENTO ACUSTICO DOVUTO AL TRAFFICO STRADALE

Il “Traffic Noise Index” (TNI)

Appositamente studiato per il traffico veicolare:

il disturbo dovuto alla rumorosità da traffico urbano è strettamente correlato, oltre che con il livello della rumorosità di fondo, anche con l’ampiezza delle fluttuazioni tra picchi e fondo, parametro definito dalla differenza $L_{10} - L_{90}$, detto “clima di rumore”.

L’indice, basato sull’analisi statistica dei livelli sonori ponderati secondo la curva A, su un periodo temporale di 24 h, è definito dalla seguente relazione:

$$\text{T.N.I.} = 4 \cdot (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \quad \text{dB(A)}$$

DPCM 1/3/91 – “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”

Nell’art. 2, il territorio viene suddiviso in sei classi, per ciascuna delle quali vengono fissati, in relazione alla diversa destinazione d’uso, i valori massimi di livello sonoro equivalente per il giorno e per la notte.

Classi di destinazione d’uso del territorio		LA _{eq} (diurno)	LA _{eq} (notturno)
I	Aree particolarmente protette	50	40
II	Aree prevalentemente residenziali	55	45
III	Aree di tipo misto	60	50
IV	Aree di intensa attività umana	65	55
V	Aree prevalentemente industriali	70	60
VI	Aree esclusivamente industriali	70	70

METODI DI CALCOLO DEL RUMORE DA TRAFFICO STRADALE

I più affermati e collaudati modelli di previsione del rumore generato dal traffico permettono di calcolare il L_{eq} in dB(A) partendo dai dati dei flussi veicolari.

Generalmente tutti i metodi considerano le seguenti informazioni:

- **dati di traffico** (emissione) come **numero di veicoli** (divisi in auto e mezzi pesanti);
- **velocità dei veicoli** (accelerazione addizionale, stop and go),
- **pendenza e superficie della strada**;
- **tipo di luogo dell'indagine** (es. ricettore scuola) e area fra esso e la strada in termini di **altezza di edifici**, distanza fra strada ed edificio, **caratteristiche d'assorbimento del terreno** includendo vegetazione, barriere ed elementi schermanti (es. rilevati).

I metodi di previsione esistenti mostrano alcune differenze fra i parametri considerati; comunque per definire un modello di previsione del rumore emesso dal traffico veicolare, occorre:

- ⇒ definire l'energia acustica emessa dal singolo veicolo in relazione ad esempio al tipo di veicolo, al tipo di manto stradale e ai parametri del moto, identificando i principali meccanismi di emissione di rumore;
- ⇒ individuare le leggi di propagazione dell'energia generata dal traffico tenendo conto delle caratteristiche morfologiche del terreno, dell'influenza esercitata da ostacoli naturali e/o artificiali e se necessario delle condizioni meteorologiche.

Flusso veicolare

Il livello di rumore L prodotto dal flusso veicolare totale Q può essere adeguatamente rappresentato da una relazione logaritmica del tipo seguente:

$$L = C \log Q$$

valida qualunque sia il parametro utilizzato per la misura del rumore, ad esempio il livello equivalente L_{eq} o quello statistico L_{10} , e per qualsiasi intervallo di tempo considerato.

La maggior parte dei modelli di previsione esistenti adotta un valore costante di C per un definito intervallo di variabilità del flusso veicolare.

I modelli teorici basati sulla schematizzazione del singolo veicolo in sorgente sonora puntiforme e del flusso veicolare in sorgente lineare mostrano che, per velocità costanti in un definito intervallo di valori del flusso veicolare, il livello equivalente L_{eq} è esprimibile mediante la relazione:

$$L_{eq} = 10 \log Q$$

ossia $C = 10$ e il livello L_{eq} aumenta di 3 dB(A) per ogni raddoppio del flusso veicolare.

Per quanto riguarda i livelli statistici, invece, il valore C è variabile: ad esempio per il livello L_{10} è stato ottenuto che $C = 7.5$ in condizioni di traffico liberamente scorrevole e $C = 8.9 + 12.0$ per traffico urbano.

In generale, comunque, un valore di C pari a 10 sembra essere più che adeguato in quanto gli errori che esso comporta sono contenuti e rientrano nei limiti di precisione dei vari modelli di previsione.

Velocità media e composizione del flusso veicolare

La velocità del flusso di traffico e la sua composizione sono variabili interdipendenti.

Per velocità superiori a 50-60 km/h si può ritenere che il flusso sia liberamente scorrevole mentre per valori inferiori si è, generalmente, in condizioni di flusso interrotto.

In quest'ultimo caso il livello di rumore può essere ritenuto indipendente dalla velocità.

Nella maggior parte dei modelli di previsione, per flusso liberamente scorrevole si ipotizza che tra livello di rumore **L** e velocità media del flusso **V** (km/h) sussista la relazione:

$$L = B \log V$$

in cui **B** è una costante il cui valore è determinabile in base a misure sperimentali.

Dal punto di vista del rumore emesso i veicoli possono essere suddivisi in due sole classi: **veicoli leggeri** e **pesanti**, questi ultimi con peso a vuoto maggiore di 1525 kg.

I metodi impiegati nei modelli di previsione per determinare il rumore prodotto dal traffico in funzione della percentuale di veicoli pesanti sono riconducibili essenzialmente a due criteri.

Il primo consiste nell'incrementare di una certa quantità in dB il valore del livello equivalente L_{eq} calcolato in assenza di veicoli pesanti.

Il secondo criterio consiste nel determinare il numero di veicoli leggeri che, in termini di rumore emesso, è equivalente al passaggio di un singolo veicolo pesante.

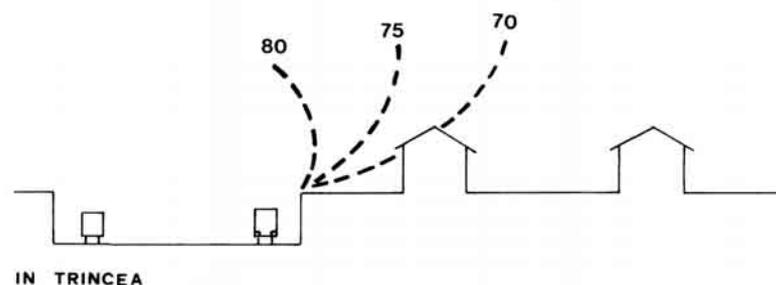
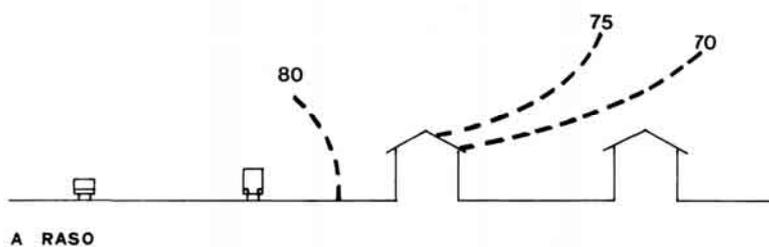
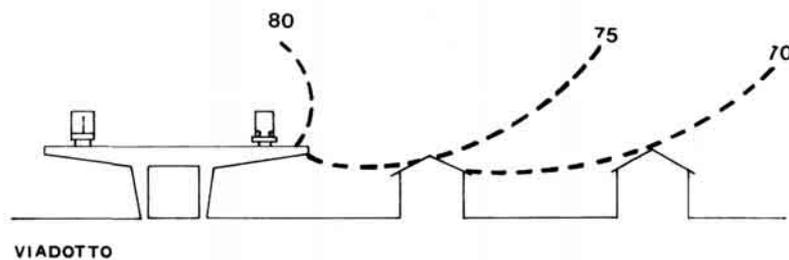
Configurazione della strada

La configurazione della strada è un'altro parametro da considerare nella formulazione del modello di previsione.

Numerose indagini, infatti, hanno mostrato in modo evidente che i livelli di rumore, a parità di altri parametri quali la distanza strada ricevitore variano considerevolmente a seconda se le caratteristiche dell'infrastruttura stradale sono in **rilevato**, in **viadotto**, **a raso**, o **in trincea**.

Anche la **pendenza longitudinale** della strada è un fattore che contribuisce al rumore emesso dal traffico.

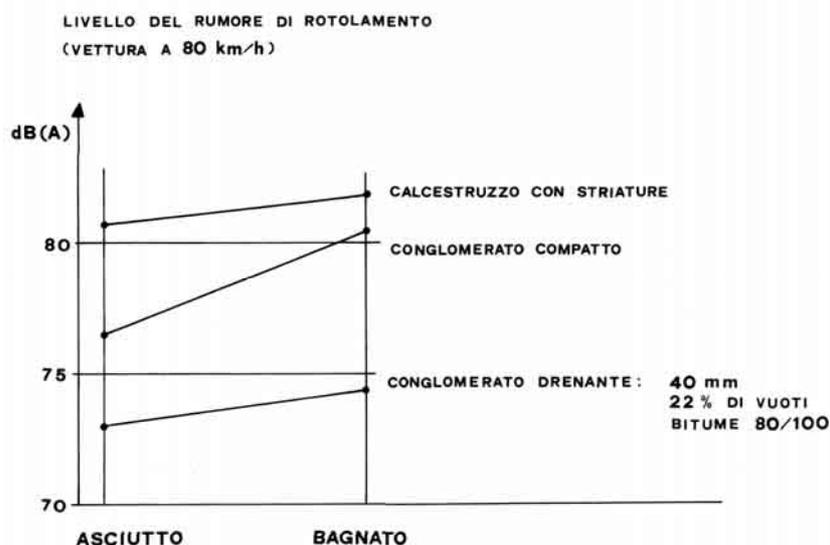
In generale per ogni unità percentuale di pendenza si ha un incremento di 0.3 dB(A) del livello di rumore sul L_{EQ} .



Pavimentazione stradale

La pavimentazione stradale influisce sul rumore prodotto dal traffico in quanto è un parametro che determina il rumore di rotolamento dei pneumatici.

I modelli di calcolo del rumore da traffico stradale prevedono, in genere, una correzione da apportare al livello sonoro per tenere conto del tipo di pavimentazione.



Propagazione sonora in campo libero

Il suono che si propaga liberamente attraverso l'atmosfera diminuisce generalmente di intensità all'aumentare della distanza tra la sorgente e il ricevitore. Questa attenuazione è dovuta ai seguenti fattori:

1. attenuazione (A_{div}) causata dalla divergenza geometrica a partire dalla sorgente.
2. attenuazione ($A_{barrier}$) risultante dall'interposizione di un ostacolo fra la sorgente sonora e il ricevente.
3. attenuazione (A_{atm}) dovuta all'assorbimento di energia acustica da parte dell'aria in cui le onde sonore si propagano.
4. attenuazione (A_{excess}) che si somma a quella dovuta ai meccanismi sopra citati "effetto suolo".

Alcuni modelli previsionali

BURGESS (AUSTRALIA)

Il metodo di Burgess tiene conto di parametri caratterizzanti il traffico veicolare (veicoli/ora, composizione del traffico), nonché della distanza fra le sorgenti di rumore ed i ricettori.

La formula fu ottenuta con un coefficiente di correlazione multiplo di 0.95 e un errore standard di 1.5 dB(A).

Il L_{EQ} orario può essere calcolato secondo la seguente formula:

$$L_{EQ} = 55,5 + 10,2 \log Q + 0,3 p + 19,3 \log d \quad \text{dB(A)}$$

dove Q è il numero di veicoli/ora, P è la % di veicoli pesanti e d è la distanza in metri fra il centro della carreggiata laterale ed il punto di osservazione posto sul ciglio della carreggiata stessa.

METODO DI GRIFFITHS E LANGDON

La formula di Griffiths e Langdon ha la seguente espressione:

$$L_{EQ} = L_{50} + 0,018 (L_{10} - L_{90})^2 \quad \text{dB(A)}$$

I livelli statistici cumulativi sono stati calcolati utilizzando formule di correlazione ricavate sperimentalmente.

Analiticamente questi livelli statistici cumulativi sono espressi nelle seguenti forme:

$$L_{10} = 61 + 8,4 \log Q + 0,15p - 11,5 \log d \quad \text{dBA}$$

$$L_{50} = 44,8 + 10,8 \log Q + 0,12p - 9,6 \log d \quad \text{dBA}$$

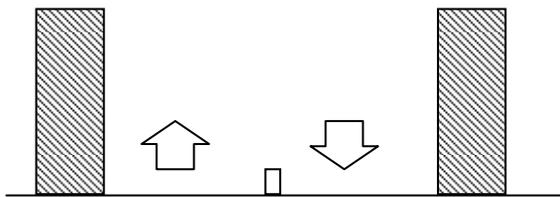
$$L_{90} = 39,1 + 10,5 \log Q + 0,06p - 9,3 \log d \quad \text{dBA}$$

Q , d e p assumono lo stesso significato che nella formula di Burgess.

MODELLO LO BOSCO

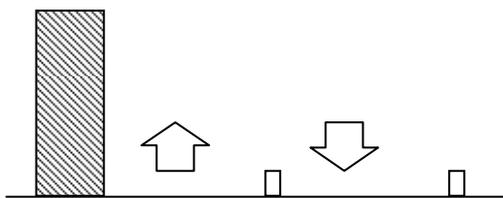
I valori del livello equivalente di rumore L_{eq} possono essere posti in relazione con il flusso veicolare equivalente " Q_{eq} ", con la distanza " d " [m] e con le velocità medie di deflusso " V " [km/h].

Strade a "U"



$$L_{eq} = 52,78 + 5,20 \cdot \log(Q_{eq}/d) + 0,68 \cdot V$$

Strade a "L"



$$L_{eq} = 51,77 + 4,88 \cdot \log(Q_{eq}/d) + 0,36 \cdot V$$

$$\text{con } Q_{eq} = V_l + 2 \cdot V_{2 \text{ ruote}} + 8 \cdot VP$$

DIPARTIMENTO BRITANNICO PER L'AMBIENTE

Ambito extraurbano

$$L_{10} = 17,56 + 16,36 \cdot \log V + 8,97 \cdot \log Q + 0,118 \cdot \log VP + \varepsilon \cdot \log d$$

$$L_{90} = -24,34 + 9,97 \cdot \log V + 21,30 \cdot \log Q + 0,0755 \cdot \log VP - \varepsilon \cdot \log d$$

con ε = coefficiente di assorbimento dovuto al suolo

Ambito urbano

$$L_{10} = 61,00 + 8,40 \cdot \log Q - 11,50 \cdot \log d + 0,15 \cdot VP$$

$$L_{90} = 39,10 + 10,50 \cdot \log Q - 9,30 \cdot \log d + 0,06 \cdot VP$$

METODICHE DI ABBATTIMENTO DEL RUMORE

Oltre alle cause dirette dell'inquinamento da rumore, quali la continua crescita in numero delle sorgenti sonore (a causa dell'incremento della motorizzazione), ne esistono altre indirette, come, ad esempio, la tendenza a costruire edifici con caratteristiche non adeguate a contribuire ad un sufficiente abbattimento del livello sonoro, la continua espansione delle aree urbane, l'edificazione indiscriminata in zone ad alta densità abitativa, con conseguente addensamento delle sorgenti sonore.

Per tali ragioni occorre attuare strategie atte a controllare (tramite opportuni monitoraggi) e a ridurre (se si superano i limiti imposti dalla legge) la rumorosità ambientale; tali strategie, a seconda del fine, si classificano in due categorie:

- **interventi attivi**, finalizzati alla riduzione dell'emissione sonora delle sorgenti di rumore;
- **interventi passivi**, indirizzati ad ostacolare la propagazione del suono dalla sorgente al ricevitore.

1. Riduzione del rumore emesso dal veicolo

Interventi atti a ridurre l'emissione sonora è condizionata da fattori legati alla natura del processo di fabbricazione dello stesso.

2. Regolamentazione del traffico veicolare

Un efficace provvedimento potrebbe consistere nella deviazione dei veicoli pesanti su percorsi alternativi, evitando, almeno in certi periodi della giornata, gli attraversamenti del nucleo urbano;

potrebbero essere, altresì, previsti divieti di transito durante le ore notturne o nelle giornate festive, deviazioni dalle zone a carattere esclusivamente residenziale, consentendone l'accesso solo ai residenti.

3. Pavimentazione drenante - fonoassorbente

Negli ultimi anni la tecnica della pavimentazione drenante-fonoassorbente si è andata sempre più sviluppando grazie soprattutto all'uso di bitumi modificati che hanno consentito di ottenere miscele bituminose caratterizzate da una struttura alveolare con elevata percentuale dei vuoti, senza, tuttavia, penalizzare le caratteristiche di resistenza del conglomerato stesso.

Lo strato drenante, inoltre, grazie alla sua ridotta macrotessitura (si parla di "rugosità al negativo"), si comporta come setto fonoassorbente, in quanto le onde sonore penetrando all'interno dei pori vi si riflettono infinite volte trasformandosi in energia termica.

4. Le barriere antirumore artificiali

L'adozione di barriere antirumore costituisce l'intervento tecnico più efficace e più comune per la difesa dell'ambiente dal rumore.

Esistono due principali tipologie di barriere:

1. *fonoisolanti*, muri compatti che non vengono attraversati dalle onde sonore,
2. *fonoassorbenti*, pareti sottili aventi la faccia rivolta verso la sorgente forata e l'altra chiusa, all'interno delle quali vi è un materiale molto poroso (come la lana di vetro), che costringe l'onda acustica a subire tante riflessioni trasformandosi in calore.

Le capacità di fonoisolamento e di fonoassorbimento sono in antitesi tra loro, in quanto strutturalmente un materiale risulta tanto più isolante quanto maggiore è la sua massa; di conseguenza, un buon isolante è un materiale ad alta densità, come il ferro, il calcestruzzo, il legno, mentre un materiale assorbente è un materiale a bassa densità e poroso.

- Le barriere acustiche sono, generalmente, realizzate con materiale unico prevalentemente fonoisolante, quali *legno*, *cemento*, *polimetilmetacrilato (Pmma)*;
- Altre con proprietà *fonoisolanti* e *fonoassorbenti*, realizzate in lamiera. Tali tipologie possono essere utilizzate singolarmente o accoppiate secondo varie combinazioni, come, ad esempio, cemento + lamiera + Pmma; cemento + Pmma; cemento + lamiera; lamiera + Pmma.

L'impiego del Pmma si sta sempre più diffondendo grazie alla sua caratteristica di trasparenza, offrendo a chi viaggia una minore sensazione di chiuso.

- Un'altra tipologia di barriera, che risponde bene ai criteri di inserimento ambientale, è quella ottenuta per integrazione tra elementi costruiti dall'uomo e le piante; si parla in tale caso di barriere miste o biomuri.

L'energia sonora emessa dai veicoli in movimento si propaga, nel caso di una strada con elevato flusso di traffico, sotto forma di onde cilindriche che hanno per asse quello della strada stessa.

La barriera costituisce un ostacolo alla propagazione del suono verso il ricettore, riflettendo buona parte dell'energia indietro; altra parte scavalca la protezione (energia diffratta) oppure la attraversa se l'isolamento del manufatto non è adeguato (energia diretta). il frassino, l'edera, il biancospino, ecc.

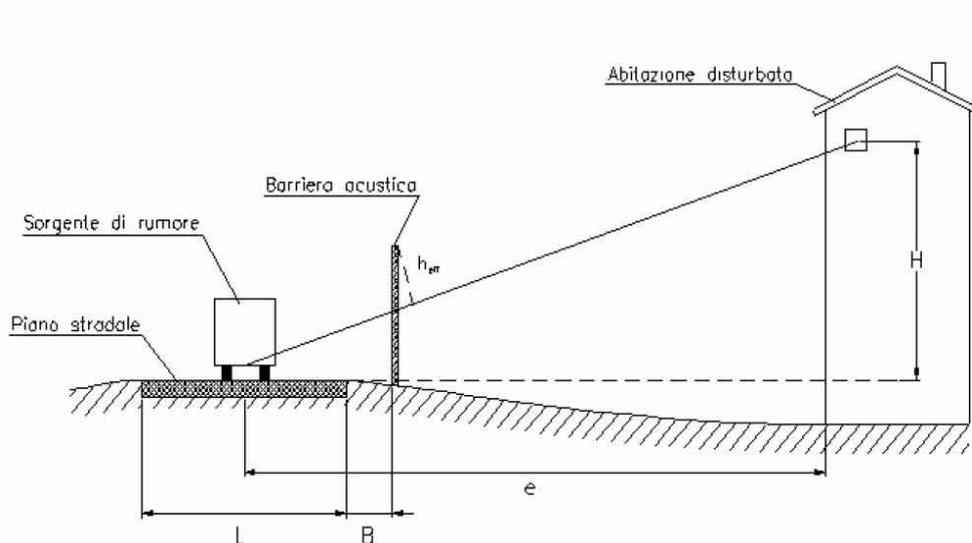
L'effetto schermante delle barriere, riferendosi alla sola energia diffratta dal bordo superiore del manufatto e nel caso di sorgente puntiforme, può essere opportunamente calcolato.

Nelle situazioni più comuni, in pratica, si calcolano riduzioni del rumore comprese tra 2 e 20 dBA.

Il primo elemento da prendere in considerazione ai fini del calcolo effettivo di una barriera è l'altezza minima del manufatto sulla congiungente centro strada– massima altezza dell'edificio da proteggere, ottenibile dalla relazione:

$$h_{\min} = \frac{H}{e} \cdot (0.5 \cdot L + B) \quad [m]$$

- H = distanza tra il piano stradale e la sommità dell'edificio disturbato;
- e = distanza tra la mezzeria della strada e la parete più vicina dell'edificio disturbato;
- L = larghezza della strada;
- B = distanza tra il ciglio stradale e la barriera antirumore.



Barriere vegetali

La presenza di una fascia di terreno alberata tra sorgenti e ricevitori introduce una attenuazione dovuta alla dissipazione di parte dell'energia sonora sotto forma di calore al passaggio intorno ai rami.

Oltre che dall'altezza e dalla profondità, l'efficacia di una barriera vegetale dipende dalla densità dei tronchi e dalla densità del fogliame.

Valori tipici della attenuazione sono 0.06-0.15 dB per metro di profondità della fascia.

Per le caratteristiche delle barriere puramente vegetali da realizzare con filari di alberi (posizioni, essenze, modalità di posa) occorre predisporre un opportuno progetto.

Indicativamente nel caso in cui ci sono delle barriere vegetali si dovrà prevedere un impianto su tre filari disposti su una fascia larga almeno 10 m, di lunghezza adeguata. Tale impianto si diversificherà in funzione della zona geografica (nord, centro e sud) per le specie impiegate.

<i>Italia Settentrionale</i>	<i>Italia Centrale</i>	<i>Italia Meridionale</i>
Acer/Pseudoplatanus	Acer/Pseudoplatanus	Cupressociparis Leylandi
Tilia Platiphyllus	Chamaechjparis Lawsoniana	Chamaechjparis Lwsoniana
Carpinus Betulus	Cuppressociparis Leylandi	Quercus Ilex
Fagus Sylvatica	Populus Berelinesis	Pinus Alepensis
Quercus Robur	Tilia Platyphyllus	Pinus Pinaster
	Quercus Ilex	Eucaliptus sp.
	Carpinus Betulus	Populus Nigra Piramidalis
	Fagus Selvatica	
	Quercus Robur	
	Pinus Alepensis	

