

Acoustics  
Description, measurement and assessment of environmental noise  
Part 2: Determination of environmental noise levels

La norma descrive come i livelli di pressione sonora possono essere determinati attraverso misurazioni dirette, per estrapolazione di risultati di misura per mezzo di calcoli, o esclusivamente per mezzo di calcoli, intesi come base per accertare il rumore ambientale. Le raccomandazioni sono date considerando le condizioni preferibili per le misure o i calcoli da applicarsi nei casi in cui non si applicano altre norme. La norma può essere usata per misurare con ogni ponderazione di frequenza o in ogni banda di frequenza. Viene data una guida per valutare l'incertezza dei risultati di un accertamento di rumore.

## TESTO ITALIANO

La presente norma è l'adozione nazionale in lingua italiana della norma internazionale ISO 1996-2 (edizione marzo 2007).

ICS 13.140; 17.140.01

---

## PREMESSA NAZIONALE

La presente norma costituisce l'adozione nazionale, in lingua italiana, della norma internazionale ISO 1996-2 (edizione marzo 2007) che assume così lo status di norma nazionale italiana.

La norma internazionale ISO 1996-2 è stata elaborata dal Comitato Tecnico ISO/TC 43 "Acustica".

La presente norma è stata elaborata sotto la competenza della Commissione Tecnica UNI

### **Acustica e vibrazioni**

che ha giudicato la norma ISO 1996-2 rispondente, da un punto di vista tecnico, alle esigenze nazionali e ne ha proposto alla Commissione Centrale Tecnica dell'UNI l'adozione nella presente versione in lingua italiana.

La Commissione Centrale Tecnica dell'UNI ha dato la sua approvazione il 18 marzo 2010.

La presente norma è stata ratificata dal Presidente dell'UNI ed è entrata a far parte del corpo normativo nazionale il 6 maggio 2010.

---

Le norme UNI sono elaborate cercando di tenere conto dei punti di vista di tutte le parti interessate e di conciliare ogni aspetto conflittuale, per rappresentare il reale stato dell'arte della materia ed il necessario grado di consenso.

Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione di questa norma, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento o per un suo adeguamento ad uno stato dell'arte in evoluzione è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, che li terrà in considerazione per l'eventuale revisione della norma stessa.

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione di nuove edizioni o di aggiornamenti.

È importante pertanto che gli utilizzatori delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione e degli eventuali aggiornamenti.

Si invitano inoltre gli utilizzatori a verificare l'esistenza di norme UNI corrispondenti alle norme EN o ISO ove citate nei riferimenti normativi.

## INDICE

<b>1</b>	<b>SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>TERMINI E DEFINIZIONI</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>INCERTEZZA DI MISURAZIONE</b>	<b>2</b>
prospetto 1	Veduta d'insieme dell'incertezza di misura per $L_{Aeq}$ .....	2
<b>5</b>	<b>STRUMENTAZIONE</b>	<b>2</b>
5.1	Catena di misura.....	2
5.2	Taratura.....	3
<b>6</b>	<b>FUNZIONAMENTO DELLA SORGENTE</b>	<b>3</b>
6.1	Generalità.....	3
6.2	Traffico stradale.....	3
6.3	Traffico ferroviario.....	4
6.4	Traffico aereo.....	4
6.5	Insedamenti industriali.....	5
6.6	Sorgenti di rumore a bassa frequenza.....	5
<b>7</b>	<b>CONDIZIONI DEL TEMPO</b>	<b>5</b>
7.1	Generalità.....	5
7.2	Condizioni favorevoli alla propagazione del suono.....	6
7.3	Livelli medi di pressione sonora in un intervallo di condizioni del tempo.....	6
<b>8</b>	<b>PROCEDIMENTO DI MISURAZIONE</b>	<b>6</b>
8.1	Principio.....	6
8.2	Selezione dell'intervallo di tempo di misurazione.....	6
8.3	Posizione del microfono.....	7
8.4	Misurazioni.....	8
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE DEI RISULTATI DELLA MISURAZIONE</b>	<b>10</b>
9.1	Generalità.....	10
9.2	Livelli integrati nel tempo, $L_E$ e $L_{eqT}$ .....	10
9.3	Livello massimo, $L_{max}$ .....	10
figura 1	Percentuale, $p$ , di eventi singoli con un livello massimo di pressione sonora che supera, di un certo valore, $y$ , di scarti tipo, la media (aritmetica) di una distribuzione normale dei livelli massimi di pressione sonora.....	11
9.4	Livello di eccedenza, $L_{N,T}$ .....	11
9.5	Misurazioni in interni.....	11
9.6	Suono residuo.....	12
<b>10</b>	<b>ESTRAPOLAZIONE ALLE ALTRE CONDIZIONI</b>	<b>12</b>
10.1	Posizione.....	12
10.2	Altre condizioni di tempo e operative.....	12
<b>11</b>	<b>CALCOLO</b>	<b>13</b>
11.1	Generalità.....	13
11.2	Metodi di calcolo.....	13
<b>12</b>	<b>INFORMAZIONI DA REGISTRARE E RIPORTARE</b>	<b>14</b>

<b>APPENDICE</b> (informativa)	<b>A</b>	<b>FINESTRA METEOROLOGICA E INCERTEZZA DI MISURAZIONE DOVUTA AL CLIMA</b>	<b>15</b>
figura	A.1	Il raggio di curvatura del percorso sonoro, $R$ , e il contributo di incertezza alla misurazione associato, espresso come scarto tipo, $\sigma_m$ , dovuto a cause climatiche, per varie combinazioni di altezze sorgente/ricettore (A - C) su suolo poroso A distanze, $d$ , espresse in metri, maggiori di 400 m, il raggio di curvatura deve essere minore di 10 km e quindi l'incertezza di misurazione, $\sigma_m$ , è pari a $\left(1 + \frac{d}{400}\right)$ dB.....	17
figura	A.2	Condizioni di propagazione favorevoli da una strada e alla distanza efficace tra sorgente e ricettore, $d$ .....	17
prospetto	A.1	Caratteristiche che influenzano il raggio di curvatura, $R$ .....	18
figura	A.3	Intervalli di tempo quando l'altezza del sole sull'orizzonte, e quindi il gradiente di temperatura, è compresa entro certi limiti a 56° di latitudine Nord.....	19
figura	A.4	Intervalli di tempo quando l'altezza del sole sull'orizzonte, e quindi il gradiente di temperatura, è compresa entro certi limiti a varie latitudini .....	20
<b>APPENDICE</b> (informativa)	<b>B</b>	<b>POSIZIONI DEL MICROFONO IN RELAZIONE ALLE SUPERFICIE RIFLETTENTI</b>	<b>21</b>
figura	B.1	Montaggio del microfono su superficie riflettente.....	22
figura	B.2	Microfono nei pressi della superficie riflettente .....	24
<b>APPENDICE</b> (informativa)	<b>C</b>	<b>METODO OGGETTIVO PER LA VALUTAZIONE DELL'UDIBILITÀ DEI TONI NEL RUMORE - METODO DI RIFERIMENTO</b>	<b>25</b>
prospetto	C.1	Larghezze delle bande critiche.....	26
figura	C.1	Soglia di mascheramento, $MT$ , e curve per la determinazione della regolazione, $K_t$ .....	27
figura	C.2	Definizioni di toni, rumore e pausa del rumore (né tono né rumore). $\Delta$ è il criterio di ricerca del tono ed è generalmente scelto come 1 dB .....	29
figura	C.3	.....	32
figura	C.4	.....	32
figura	C.5	.....	33
figura	C.6	.....	34
<b>APPENDICE</b> (informativa)	<b>D</b>	<b>METODO OGGETTIVO PER LA VALUTAZIONE DELL'UDIBILITÀ DEI TONI NEL RUMORE - METODO SEMPLIFICATO</b>	<b>35</b>
<b>APPENDICE</b> (informativa)	<b>E</b>	<b>METODI DI CALCOLO SPECIFICI E SORGENTI NAZIONALI</b>	<b>36</b>
		<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>38</b>

---

## 1

### SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente parte della ISO 1996 descrive come i livelli di pressione sonora possono essere determinati attraverso misurazioni dirette, per estrapolazione di risultati di misurazioni mediante calcoli, o esclusivamente con calcoli, intesi come base per accertare il rumore ambientale. Le raccomandazioni sono date considerando le condizioni preferibili per le misurazioni o i calcoli da applicarsi nei casi in cui non si applicano altre norme. La presente parte della ISO 1996 può essere usata per misurare con ogni ponderazione di frequenza o in ogni banda di frequenza. Viene data una guida per valutare l'incertezza dei risultati di un accertamento di rumore.

Nota 1 Dato che la presente parte della ISO 1996 riguarda le misurazioni nelle reali condizioni operative, non c'è relazione tra la presente parte della ISO 1996 e altre norme ISO che specificano misurazioni di emissione in specificate condizioni operative.

Nota 2 Per motivi generali, i pedici della frequenza e della ponderazione temporale sono stati omessi in tutta la presente parte della ISO 1996.

---

## 2

### RIFERIMENTI NORMATIVI

I documenti richiamati di seguito sono indispensabili per l'applicazione del presente documento. Per quanto riguarda i riferimenti datati, si applica esclusivamente l'edizione citata. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione del documento a cui si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

ISO 1996-1:2003 Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment procedures

ISO 7196 Acoustics - Frequency-weighting characteristic for infrasound measurements

IEC 60942:2003 Electroacoustics - Sound calibrators

IEC 61260:1995 Electroacoustics - Octave-band and fractional-octave band filters

IEC 61672-1:2002 Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Specifications

Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML, 1993 (corrected and reprinted, 1995)

---

## 3

### TERMINI E DEFINIZIONI

Per gli scopi di questo documento, valgono i termini e le definizioni della ISO 1996-1 ed i seguenti.

#### 3.1

**posizione del ricettore:** Posizione in cui è accertato il rumore.

#### 3.2

**metodo di calcolo:** Insieme di algoritmi per calcolare il livello di pressione sonora in posizioni arbitrarie da emissioni misurate o predette e dati di attenuazione sonora.

#### 3.3

**metodo di predizione:** Sottoinsieme di un metodo di calcolo, per il calcolo dei livelli di rumore ipotizzato.

#### 3.4

**intervallo di tempo di misurazione:** Intervallo di tempo durante il quale viene condotta una singola misurazione.

#### 3.5

**intervallo di tempo di osservazione:** Intervallo di tempo durante il quale viene condotta una serie di misurazioni.

#### 3.6

**finestra meteorologica:** Insieme di dati sulle condizioni del tempo durante il quale le misurazioni possono essere eseguite con limitate e conosciute variazioni nei risultati di misura dovute alla variazione meteorologica.

**3.7** **raggio di curvatura del percorso sonoro;  $R$ :** Raggio che approssima la curvatura del percorso sonoro dovuto alla rifrazione atmosferica.

Nota  $R$  si esprime in chilometri.

**3.8** **suono a bassa frequenza:** Suono contenente frequenze di interesse nell'intervallo che copre le bande di un terzo di ottava da 16 Hz a 200 Hz.

## 4 INCERTEZZA DI MISURAZIONE

L'incertezza dei livelli di pressione sonora determinati come descritto nella presente parte della ISO 1996 dipende dalla sorgente sonora e dall'intervallo di tempo di misurazione, dalle condizioni del tempo, dalla distanza dalla sorgente e dal metodo di misura e strumentazione. L'incertezza della misura deve essere determinata in conformità al *GUM*. Alcune linee guida su come stimare l'incertezza di misura sono riportate nel prospetto 1, in cui l'incertezza di misurazione è espressa come incertezza espansa basata su una incertezza standard combinata moltiplicata per un fattore di copertura di 2, fornendo in tal modo una probabilità di copertura di circa il 95%. Il prospetto 1 si riferisce solamente a livelli di pressione sonora continui equivalenti ponderati A. Incertezze superiori possono essere attese sui livelli massimi, livelli in banda di frequenza o componenti tonali nel rumore.

Nota 1 Il prospetto 1 non è completo. Quando è stata preparata la presente parte della ISO 1996 non erano disponibili informazioni sufficienti. In molti casi è appropriato aggiungere più contributi di incertezza, per esempio quello associato alla scelta della ubicazione del microfono.

Nota 2 Le autorità informate possono stabilire altri livelli di confidenza. Un fattore di copertura di 1,3, per esempio, fornisce un livello di confidenza dell'80% e un fattore di 1,65 un livello di confidenza del 90%.

Nei rapporti di prova, la probabilità di copertura deve essere sempre stabilita insieme con l'incertezza espansa.

prospetto 1 **Veduta d'insieme dell'incertezza di misura per  $L_{Aeq}$**

Incertezza di riferimento				Incertezza di riferimento combinata $\sigma_t$ $\sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$ dB	Incertezza di misurazione espansa $\pm 2,0 \sigma_t$ dB
Dovuta alla strumentazione <sup>a)</sup> 1,0 dB	Dovuta alle condizioni operative <sup>b)</sup> X dB	Dovuta alle condizioni del tempo e del suolo <sup>c)</sup> Y dB	Dovuta al suono residuo <sup>d)</sup> Z dB		
a)	Per la strumentazione di classe 1 della IEC 61672-1:2002. Se viene usata altra strumentazione (classe 2 della IEC 61672-1:2002 o misuratori di livello sonoro di tipo 1 della IEC 60651:2001/IEC 60804:2000) o microfoni direzionali, il valore sarà superiore.				
b)	Da determinarsi a partire da tre o preferibilmente cinque misurazioni in condizioni di ripetibilità (la stessa procedura di misurazione, gli stessi strumenti, lo stesso operatore, lo stesso posto) e in una posizione dove le variazioni delle condizioni meteorologiche hanno una piccola influenza sui risultati. Per misurazioni a lungo periodo sono richieste più misure per determinare lo scarto tipo della ripetibilità. Nel punto 6.2 alcune indicazioni sul valore di X sono riportate per il rumore da traffico stradale.				
c)	Il valore varia in base alla distanza di misurazione e alle condizioni meteorologiche prevalenti. Un metodo che utilizza una finestra meteorologica semplificata viene fornito nell'appendice A (in questo caso $Y = \sigma_m$ ). Per misurazione sul lungo periodo è necessario trattare con diverse categorie di tempo separatamente e poi combinate insieme. Per misurazioni sul breve periodo le variazioni delle condizioni del suolo sono piccole. Tuttavia, per misurazioni sul lungo periodo queste variazioni possono aggiungersi considerevolmente alle incertezze della misurazione.				
d)	Il valore varia in funzione della differenza tra valori totali misurati e suono residuo.				

## 5 STRUMENTAZIONE

### 5.1 Catena di misura

La catena di misura, che include il microfono, lo scudo antivento, i cavi e i registratori, se presenti, devono essere conformi ai requisiti di una delle seguenti:

- uno strumento di classe 1 come specificato nella IEC 61672-1: 2002;
- uno strumento di classe 2 come specificato nella IEC 61672-1:2002.

Durante le misurazioni all'esterno deve sempre essere usato uno scudo antivento.

---

Le autorità informate possono richiedere strumenti conformi alla classe 1 della IEC 61672-1:2002.

Nota 1 Gli strumenti di classe 1 della IEC 61672-1:2002 sono specificati sull'intervallo di temperatura da -10 °C a +50 °C e gli strumenti di classe 2 della IEC 61672-1:2002 da 0 °C a +40 °C.

Nota 2 La maggior parte dei misuratori di livello sonoro che soddisfano i requisiti della IEC 60651 e della IEC 60804 soddisfano anche i requisiti acustici della IEC 61672-1.

Per le misurazioni di banda di ottava e di terzo di ottava, i sistemi di strumentazione di classe 1 e classe 2 devono soddisfare i requisiti dei filtri di classe 1 o di classe 2, rispettivamente, specificati nella IEC 61260:1995.

## 5.2

### Taratura

Immediatamente prima e dopo ogni serie di misurazioni, un calibratore di classe 1, o, in caso di strumenti di classe 2, un calibratore di classe 1 o 2 in conformità alla IEC 60942:2003 deve essere applicato al microfono per verificare la calibrazione dell'intera catena di misura ad una o più frequenze.

Se le misurazioni hanno luogo su periodi di tempo più lunghi, per esempio su uno o più giorni, allora la catena di misurazione dovrebbe essere verificata sia acusticamente sia elettricamente ad intervalli regolari, per esempio una o due volte al giorno.

È raccomandato di verificare la rispondenza del calibratore con i requisiti della IEC 60942 almeno una volta all'anno e la rispondenza della catena di misurazione con i requisiti della attinente norma IEC almeno ogni due anni in un laboratorio con tracciabilità ai livelli nazionali.

Registrare la data dell'ultimo controllo e la conferma della rispondenza alla attinente norma IEC.

---

## 6

### FUNZIONAMENTO DELLA SORGENTE

### 6.1

#### Generalità

Le condizioni di funzionamento della sorgente deve essere statisticamente rappresentativa dell'ambiente sonoro preso in considerazione. Per ottenere una realistica stima del livello di pressione sonora continuo equivalente così come del livello massimo di pressione sonora, l'intervallo di tempo di misurazione deve includere un numero minimo di eventi sonori. Per i più comuni tipi di sorgenti di rumore, nei punti da 6.2 a 6.5 viene data una guida.

Nota Le condizioni operative della presente parte della ISO 1996 sono sempre le più attuali. Di conseguenza esse generalmente differiscono dalle condizioni operative fissate nelle norme Internazionali per le misurazioni delle emissioni sonore.

Il livello di pressione sonora continuo equivalente,  $L_{eqT}$ , del rumore da traffico ferroviario ed aereo può spesso essere determinato più efficacemente misurando un certo numero di livelli di esposizione sonora di singolo evento,  $L_E$ , e calcolando il livello di pressione sonora continuo equivalente basato su essi. La misura diretta del livello di pressione sonora continuo equivalente,  $L_{eqT}$ , è possibile quando il rumore è stazionario o variabile nel tempo, come nel caso del rumore da traffico stradale e degli insediamenti industriali. Il livello di esposizione sonora di singolo evento,  $L_E$ , da veicoli stradali può essere misurato solamente nelle strade con modesto volume di traffico.

### 6.2

#### Traffico stradale

#### 6.2.1

##### Misurazione dell' $L_{eq}$

Quando si misura  $L_{eq}$ , il numero di veicoli che passano devono essere contati durante l'intervallo di tempo di misurazione. Se il risultato della misurazione viene convertito ad altre condizioni di traffico, deve essere fatta una distinzione tra almeno due categorie di veicoli "pesanti" e "leggeri". Per determinare se le condizioni di traffico sono rappresentative, deve essere misurata la velocità media del traffico e annotato il tipo di superficie stradale.

Nota Una definizione comune di veicolo pesante è quello che supera la massa di 3 500 kg. Spesso i veicoli pesanti sono divisi in diverse sottocategorie a secondo del numero di assi delle ruote.

Il numero di passaggi di veicoli necessario per mediare la variazione delle emissioni dei singoli veicoli dipende dalla accuratezza richiesta del  $L_{eq}$  misurato. Se non sono disponibili informazioni maggiori, l'incertezza standard indicata da  $X$  nel prospetto 1, può essere calcolata mediante l'equazione (1):

$$X \equiv \frac{10}{\sqrt{n}} \text{ dB} \quad (1)$$

dove  $n$  è il numero totale dei veicoli passati.

Nota L'equazione (1) si riferisce ad un traffico stradale misto. Se è coinvolta una sola categoria di veicoli, l'incertezza standard sarà minore.

Quando vengono registrati  $L_E$  da singoli passaggi ed usati insieme a statistiche del traffico per calcolare  $L_{eq}$  sull'intervallo temporale di riferimento, il numero minimo di veicoli per categoria deve essere di 30.

## 6.2.2 Misurazione di $L_{max}$

Il livello massimo di pressione sonora definite nella ISO 1996-1 differisce tra le categorie di veicoli. All'interno di ogni categoria di veicoli, si incontra una certa varietà di livelli massimi di pressione sonora dovuta alle differenze individuali tra veicoli e variazioni nella velocità o negli stili di guida. Il livello massimo di pressione sonora dovrebbe essere determinato sulla base del livello misurato durante almeno 30 passaggi di veicoli della categoria considerata.

## 6.3 Traffico ferroviario

### 6.3.1 Misurazione di $L_{eq}$

Le misurazioni del rumore devono essere fatte mediante passaggio di almeno 20 treni. Ogni categoria di treni, che potenzialmente contribuisce al complessivo  $L_{eq}$ , deve essere rappresentata da almeno cinque passaggi. Se necessario, le misurazioni devono essere continuate in un giorno successivo.

### 6.3.2 Misurazione di $L_{max}$

Per determinare il livello massimo di pressione sonora per una certa categoria di treni, deve essere registrato il livello massimo di pressione sonora durante almeno 20 passaggi. Se non possibile ottenere questo numero di registrazioni, deve essere riportato nel rapporto quanti passaggi di treni sono stati analizzati e deve essere accertata l'influenza sull'incertezza.

## 6.4 Traffico aereo

### 6.4.1 Misurazione di $L_{eq}$

Le misurazioni del rumore devono essere fatte mediante passaggio di cinque o più per ogni tipo di aereo che contribuiscono significativamente al livello di pressione sonora da determinare. Assicurarsi che il tracciato del traffico (uso della pista, procedure di decollo e atterraggio), composizione della flotta aerea, distribuzione del traffico secondo il periodo del giorno) sia pertinente per la questione considerata.

### 6.4.2 Misurazione di $L_{max}$

Se lo scopo è misurare il livello massimo di pressione sonora da traffico aereo in una specifica area residenziale, assicurarsi che il periodo di misura contenga i tipi di aerei con la più alta emissione di rumore usando i tracciati di volo più prossimi. Livelli massimi di pressione sonora devono essere determinati da almeno cinque e preferibilmente 20 o più eventi delle più rumorose significative operazioni degli aerei. Per stimare i percentili della distribuzione dei livelli massimi di pressione sonora, registrare almeno 20 eventi



significativi. Se non è possibile ottenere queste numerose registrazioni, deve essere riportato nel rapporto quanti passaggi di aerei sono stati analizzati e deve essere accertata l'influenza sull'incertezza.

Nota Il rumore di passaggio può essere causato da aerei in volo o al suolo, per esempio in fase di rullaggio.

## 6.5 Insedimenti industriali

### 6.5.1 Misurazione di $L_{eq}$

Le condizioni operative della sorgente devono essere suddivise in classi. Per ogni classe la variazione nel tempo della emissione sonora dell'impianto deve essere ragionevolmente stazionaria in senso stocastico. La variazione deve essere minore della variazione della attenuazione sul percorso di propagazione dovuta alla variazione delle condizioni del tempo (vedere punto 7). La variazione temporale della emissione sonora dell'impianto deve essere determinata da valori di  $L_{eq}$  da 5 min a 10 min misurati ad una distanza abbastanza grande da includere i contributi sonori di tutte le maggiori sorgenti e abbastanza piccola da minimizzare gli effetti meteorologici (vedere punto 7) durante una determinata condizione operativa. Se la sorgente è ciclica, il tempo di misurazione deve includere un numero intero di cicli. Una nuova categorizzazione delle condizioni operative deve essere fatta se il criterio viene superato. Se il criterio è rispettato, misurare  $L_{eq}$  durante ogni classe di condizioni operative e calcolare  $L_{eq}$  risultante tenendo in considerazione la frequenza e la durata di ogni classe di condizioni operative.

### 6.5.2 Misurazione di $L_{max}$

Se lo scopo è di misurare il livello massimo di pressione sonora del rumore da insediamenti industriali, assicurarsi che il periodo di misurazione contenga le condizioni operative dell'impianto con le più alte emissioni di rumore che si verificano nelle immediate vicinanze della posizione del ricettore. Il livello massimo di pressione sonora deve essere determinato da almeno cinque eventi delle condizioni operative significativamente più rumorose.

Nota La condizione operativa è definita sia dall'attività che dalla sua collocazione.

## 6.6 Sorgenti di rumore a bassa frequenza

Esempi di sorgenti di rumore a bassa frequenza sono gli elicotteri, il suono dalle vibrazioni di un ponte, treni in ferrovie sotterranee, impianti di stampaggio, attrezzature di costruzione pneumatiche, ecc. La ISO 1996-1:2003, appendice C, contiene una ulteriore discussione sul suono a bassa frequenza. Le procedure per misurare il rumore a bassa frequenza sono date nei punti 8.3.2 e 8.4.9.

## 7 CONDIZIONI DEL TEMPO

### 7.1 Generalità

Le condizioni del tempo devono essere rappresentative della situazione di esposizione al rumore considerata.

La superficie stradale o della ferrovia deve essere asciutta e la superficie del suolo non deve essere coperta di neve o di ghiaccio nè dovrebbe essere ghiacciata nè inzuppata da una eccessiva quantità di acqua, a meno che queste condizioni non devono essere indagate.

Il livello di pressione sonora varia con le condizioni del tempo. Per terreno soffice questa variazione è modesta quando è verificata l'equazione (2).

$$\frac{h_s + h_r}{r} \geq 0,1 \quad (2)$$

dove:

$h_s$  è l'altezza della sorgente;

$h_r$  è l'altezza del ricettore;

$r$  è la distanza tra la sorgente e il ricettore.

---

Se il terreno è rigido, sono accettabile distanze maggiori.

Le condizioni meteorologiche durante le misure devono essere descritte o, se necessario, monitorate. Quando la condizione nella equazione (2) non è soddisfatta, le condizioni del tempo possono seriamente influenzare i risultati della misura. Una guida generale è data nei punti 7.2 e 7.3, mentre una guida più precisa è data nell'appendice A. Sopravento alla sorgente, le misurazioni hanno una grande incertezza e queste condizioni non sono generalmente preferibili per misurazioni di breve periodo di rumore ambientale.

## 7.2 Condizioni favorevoli alla propagazione del suono

Per facilitare il confronto dei risultati è conveniente condurre le misurazioni in condizioni meteorologiche selezionate, in modo che i risultati siano riproducibili. Questo è il caso in condizioni di propagazione del suono abbastanza stabili.

Tali condizioni esistono quando i percorsi sonori sono rifratti verso il basso, per esempio in condizioni di sottovento, il che significa alti livelli di pressione sonora e moderate variazioni di livello. Il raggio di curvatura del percorso sonoro,  $R$ , è positivo e il suo valore dipende dalla velocità del vento e dai gradienti di temperatura vicino al suolo, come espresso nella equazione (A.1).

Con una sorgente dominante, scegliere condizioni meteorologiche con curvatura dei raggi sonori verso il basso dalla sorgente al ricevitore e adottare intervalli di tempo di misura corrispondenti alle condizioni date nell'appendice A, per esempio  $R < 10$  km.

Come guida, le condizioni  $R < 10$  km si hanno quando

- il vento soffia dalla sorgente di rumore dominante verso il ricevitore (di giorno entro un angolo di  $\pm 60^\circ$ , di notte con un angolo di  $\pm 90^\circ$ );
- la velocità del vento, misurata ad un'altezza da 3 m a 11 m dal suolo è tra 2 m/s e 5 m/s durante il giorno o più di 0,5 m/s di notte;
- non ci sono gradienti negativi di temperatura vicino al suolo, per esempio quando non c'è sole brillante durante il giorno.

## 7.3 Livelli medi di pressione sonora in un intervallo di condizioni del tempo

La stima della media dei livelli sonori che accadono in un intervallo di condizioni del tempo richiede lunghi intervalli di tempi di misura, spesso molti mesi. In alternativa misurazioni ben monitorate di breve periodo che rappresentano le differenti condizioni del tempo possono essere combinate attraverso i calcoli tenendo in considerazione le statistiche del tempo per determinare la media nel lungo periodo.

Deve essere tenuta in considerazione la combinazione delle condizioni operative della sorgente e della propagazione del suono dipendente dal tempo, in modo che ogni componente importante della esposizione sonora sia rappresentata nei risultati della misurazione.

Per determinare un livello di rumore medio nel lungo periodo come può esserci durante un anno, può essere necessario prendere in considerazione le variazioni nelle emissioni della sorgente e della propagazione sonora durante l'intero anno.

---

## 8 PROCEDIMENTO DI MISURAZIONE

### 8.1 Principio

Per la selezione di appropriate intervalli dei tempi di osservazione e di misurazione, può essere necessario fare misurazioni di sondaggio su periodi di tempo relativamente lunghi.

### 8.2 Selezione dell'intervallo di tempo di misurazione

Selezionare l'intervallo di tempo di misurazione per coprire tutte le significative variazioni nell'emissione e propagazione sonora. Se il rumore mostra periodicità, l'intervallo di tempo di misurazione dovrebbe coprire un numero intero di almeno tre periodi. Se non

fosse possibile effettuare misurazioni continue su questo periodo, gli intervalli di tempo di misurazione devono essere scelti in modo che ognuno rappresenti una parte del ciclo così che, insieme, essi rappresentino il ciclo completo.

Quando si misura il rumore da un singolo evento, (per esempio sorvoli di aerei, durante i quali il rumore varia durante il sorvolo ma è assente durante una considerevole porzione dell'intervallo temporale di riferimento) gli intervalli di tempo di misurazione devono essere scelti in modo che si possa determinare il livello di esposizione sonora,  $L_E$ , del singolo evento (vedere punto 8.4.3).

## 8.3

### Posizione del microfono

#### 8.3.1

##### All'esterno

Per accertare la situazione in una specifica posizione, usare un microfono in quella specifica posizione.

Per altri scopi usare una delle seguenti posizioni:

a) posizione in campo libero (condizioni di riferimento):

Questo caso è sia un caso reale che teorico per cui l'ipotetico livello di pressione sonora in campo libero sopra il suolo del campo sonoro incidente all'esterno di un edificio, è calcolato dai risultati di misurazioni fatte vicine all'edificio [vedere punti 8.3.1 b) e 8.3.1 c)]. L'annotazione campo incidente si riferisce al fatto che tutte le riflessioni, se ce ne sono, da ogni edificio dietro il microfono sono eliminate. Una posizione dietro una casa che agisce come una barriera è anche considerata essere una posizione di campo incidente ma in questo caso le posizioni di cui ai punti 8.3.1 b) e 8.3.1 c) non sono rilevanti e sono incluse le riflessioni dalla facciata posteriore dell'edificio.

b) posizione con il microfono montato a livello della superficie riflettente:

In questo caso la correzione applicata per avere il campo sonoro incidente è -6 dB. La guida sulle condizioni da verificare è data nell'appendice B. Per altre condizioni è necessario usare correzioni diverse.

Nota 1 +6 dB è la differenza tra un microfono montato in facciata a un microfono in campo libero in un caso ideale. In pratica accadono minori deviazioni da questo valore.

c) posizione con il microfono da 0,5 m a 2 m davanti alla superficie riflettente:

In questo caso la correzione applicata per avere il campo sonoro incidente è -3 dB. La guida sulle condizioni da verificare è data nell'appendice B. Per altre condizioni è necessario usare correzioni diverse.

Nota 2 La differenza tra il livello di pressione sonora ad un microfono posto 2 m davanti alla facciata e un microfono in campo libero è vicina a 3 dB nel caso ideale dove nessun altro ostacolo verticale riflettente influenzi la propagazione del suono al ricevitore studiato. In situazioni complesse, per esempio alta densità di edifici nel sito, strade a "canyon", ecc., questa differenza può essere più alta. Anche nel caso ideale, possono esserci alcune restrizioni. Per incidenza vicina a un prato, questa posizione non è raccomandata perché la deviazione può essere maggiore. Per ulteriori consigli vedere appendice B.

Per principio, ogni posizione descritta nel presente punto può essere usata, purché la posizione usata sia riportata insieme ad una dichiarazione se siano state fatte o no correzioni alle condizioni di riferimento. In alcuni casi specifici le posizioni descritte nel presente punto sono oggetto di ulteriori restrizioni. Per ulteriori consigli vedere appendice B.

Per mappature generali, usare il microfono ad un'altezza di  $(4,0 \pm 0,5)$  m in aree con edifici a più piani. In aree residenziali ad un piano e aree ricreative, usare il microfono ad un'altezza di  $(1,2 \pm 0,1)$  m oppure  $(1,5 \pm 0,1)$  m.

Per monitoraggi permanenti di rumore possono essere usate altre altezze di microfono.

I livelli sonori nei punti di una griglia da usare nella mappatura acustica sono generalmente calcolati. Se, in casi speciali, vengono effettuate misurazioni, la densità dei punti della griglia scelta in un'area dipende dalla risoluzione spaziale richiesta per lo studio interessato e dalla variazione spaziale del livello di pressione sonora del rumore. La variazione è più forte in prossimità delle sorgenti e di grandi ostacoli. La densità dei punti della griglia dovrebbe, quindi, essere più alta in queste zone. In generale la differenza dei livelli di pressione sonora tra punti adiacenti di una griglia non dovrebbe essere maggiore di 5 dB. Se vengono incontrate differenze significativamente più alte devono essere aggiunti punti nella griglia.

## 8.3.2

### All'interno

Usare almeno tre posizioni distinte regolarmente distribuite nelle aree della stanza dove le persone sottoposte al rumore passano preferibilmente il tempo o in alternativa per rumori continui, usare un sistema a microfono rotante.

Se si sospetta la presenza di una bassa frequenza dominante (vedere punto 6.6) una delle tre posizioni deve essere in un angolo e non è consentito il microfono rotante. La posizione d'angolo deve essere a 0,5 m da tutte le superfici di confine in un angolo con i muri più pesanti e senza aperture nel muro più vicine di 0,5 m.

Gli altri microfoni devono essere posizionati ad almeno 0,5 m dai muri, soffitto o pavimento, e ad almeno 1 m da elementi significativi di trasmissione sonora come finestre o aperture per l'ingresso di aria. La distanza tra posizioni microfoniche vicine deve essere almeno 0,7 m. Se viene usato un microfono che si muove in continuazione il suo raggio di spazzolamento deve essere almeno 0,7 m. Il piano di traslazione trasversale deve essere inclinato al fine di coprire una grande parte dello spazio fruibile della stanza e non deve giacere entro 10° dal piano di ogni superficie della stanza. I requisiti di cui sopra riguardanti la distanza da posizioni distinte del microfono dai muri, soffitto, pavimenti ed elementi di trasmissione si applicano anche alle posizioni del microfono che si muove. La durata di un periodo di traslazione trasversale deve essere non minore di 15 s.

Nota 1 Nei casi in cui ci siano solamente misurazioni con ponderazione A e solo piccoli contributi dalle basse frequenze al livello ponderato A, può, in alcuni casi essere sufficiente usare una sola posizione microfonica.

Le procedure nel presente punto sono principalmente riferite ad ambienti con volume <300 m<sup>3</sup>. Per ambienti più grandi possono essere appropriate più posizioni del microfono. In casi simili, per rumori a bassa frequenza, un terzo delle posizioni supplementari dovrebbe essere costituito da posizioni d'angolo.

## 8.4

### Misurazioni

### 8.4.1

#### Generalità

Nota Le variabili e i livelli di rumore corretti così come la media annuale,  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$  e  $L_{den}$ , sono definiti nella ISO 1996-1.

### 8.4.2

#### Livello di pressione sonora continuo equivalente, $L_{eqT}$

Misurazione normale di  $L_{eq}$ : se la densità di traffico è bassa o il livello residuo di pressione sonora alto, i livelli di  $L_{eq}$  devono, se possibile, essere determinati da misurazione di  $L_E$  di passaggi individuali. Questo è spesso il caso del rumore da traffico ferroviario e aereo; vedere punti 6.3.1 e 6.4.1, rispettivamente. Per medie di breve periodo, se non è soddisfatta la condizioni della equazione (2), misurare per almeno 10 min per mediare le variazioni indotte dal tempo meteorologico nel percorso di propagazione. Se la condizione della equazione (2) è soddisfatta, 5 min sono generalmente sufficienti. Può essere necessario incrementare questi tempi minimi al fine di ottenere un campione rappresentativo delle condizioni operative della sorgente (vedere punto 6).

### 8.4.3

#### Livello di esposizione sonora, $L_E$

Se non è praticabile misurare  $L_{eq}$  per il numero di eventi richiesto, misurare  $L_E$  per ogni singolo evento. Misurare un numero minimo di eventi delle operazioni della sorgente come specificato nel punto 6. Misurare ogni evento durante un periodo di tempo che sia lungo abbastanza da includere tutte i contributi importanti al rumore. Per un passaggio, misurare fino anche il livello di pressione sonora sia decaduto di almeno 10 dB sotto il livello massimo.

### 8.4.4

#### Livello superato per l'*N* percento del tempo di misura, $L_{N,T}$

Durante l'intervallo di tempo di misura, registrare  $L_{eqT}$  di breve periodo (dove  $T \leq 1$  s) o registrare il livello di pressione sonora con un tempo di campionamento minore della costante di tempo della ponderazione temporale usata. L'intervallo di classe in cui i risultati registrati sono collocati deve essere 1,0 dB o inferiore. Si devono registrare le basi del parametro e, dove applicabile, la ponderazione temporale, del periodo di registrazione

e dell'intervallo di classe utilizzato per determinare il  $L_{N,T}$ , per esempio: "sulla base del campionamento di 10 ms di  $L_F$  con un intervallo di classe di 0,2 dB" o "sulla base della larghezza della classe  $L_{eq1s}$ , di 1,0 dB".

#### 8.4.5 **Livello massimo di pressione sonora ponderato nel tempo e in frequenza, $L_{Fmax}$ , $L_{Smax}$**

Usando la ponderazione temporale F o S, come specificato, misurare  $L_{Fmax}$  o  $L_{Smax}$  per un numero minimo di eventi delle condizioni operative della sorgente come specificato al punto 6. Registrare ogni risultato.

Nota La ponderazione temporale F si correla meglio con la percezione umana del tempo rispetto alla ponderazione temporale S. L'uso della ponderazione temporale S, in generale, migliora la riproducibilità.

#### 8.4.6 **Livello di pressione sonora di picco, $L_{peak}$**

Vedere ISO 10843 per i boom sonici, le esplosioni, ecc.

Nota La IEC 61672-1 specifica l'accuratezza soltanto di un rilevatore di picco che si avvale della ponderazione C.

#### 8.4.7 **Suono tonale**

Se le caratteristiche del rumore nella posizione del ricevitore include tono(i) udibile(i), si dovrebbe eseguire una misurazione oggettiva della prominente dei toni. Si dovrebbero selezionare le posizioni del microfono con il(i) tono(i) più udibili e si dovrebbero eseguire analisi come descritto nell'appendice C per il metodo di riferimento e come descritto nell'appendice D per un metodo semplificati.

Nota In generale, l'analisi tonale del rumore in interni non è consigliabile a causa del comportamento modale dei toni nelle camere. Per alcune bande di frequenze, è inoltre problematica per i microfoni posti di fronte a una facciata.

#### 8.4.8 **Suono impulsivo**

Non ci sono metodi generalmente accettati per il rilevamento del suono impulsivo usando misurazioni oggettive. Se si riscontrano suoni impulsivi, identificare la sorgente e confrontarla con l'elenco delle sorgenti di suoni impulsivi della ISO 1996-1. Inoltre, accertarsi che il suono impulsivo sia rappresentativo e presente nell'intervallo di tempo di misurazione.

#### 8.4.9 **Suono a bassa frequenza**

In interni, misurare in tre postazioni microfoniche come specificato nel punto 8.3.2. In esterni, misurare nel campo libero o direttamente su una facciata; vedere appendice B.

I metodi nella presente parte della ISO 1996 sono generalmente validi sino alla banda di ottava da 16 Hz. Tuttavia, per queste misurazioni a bassa frequenza, il microfono deve essere ad almeno 16 m dalla più vicina superficie riflettente significativa diversa dal suolo per costituire una misurazione in campo libero (campo di suono incidente).

Nota La posizione del microfono di fronte alla superficie riflettente menzionata al punto 8.3.1 c) per le misurazioni del suono a bassa frequenza non è stata definita.

#### 8.4.10 **Suono residuo**

Quando si misura il rumore ambientale, spesso il suono residuo secondo la definizione della ISO 1996-1, così come tutto il rumore diverso dai suoni specifici sottoposti a investigazione, costituisce un problema. Una ragione è che i regolamenti spesso richiedono che il rumore proveniente da differenti tipi di sorgenti sia trattato separatamente. Questa separazione, per esempio del rumore del traffico dal rumore industriale, è spesso difficile da ottenere in pratica. Un'altra ragione è che le misurazioni sono generalmente eseguite in esterni. Il rumore indotto dal vento, direttamente sul microfono e indirettamente sugli alberi, edifici, ecc., può inoltre avere effetti sul risultato. Il carattere di queste sorgenti di rumore può rendere difficile o persino impossibile eseguire eventuali correzioni. Tuttavia, vedere punto 9.6 per eseguire correzioni se risulta necessario misurare il suono residuo.

## 8.4.11

### Campo di frequenze delle misurazioni

Se si richiede il contenuto di frequenze del rumore, allora, se non diversamente specificato, misurare il livello di pressione sonora usando filtri di banda di ottava aventi le seguenti frequenze di banda intermedia:

63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz, 8 000 Hz

Facoltativamente, le misurazioni possono essere effettuate in bande di terzo di ottava con frequenze di banda intermedia da 50 Hz a 10 000 Hz.

Le bande di frequenza senza influenza significativa (<0,5 dB) sul livello di pressione sonora ponderato A possono essere escluse e questa esclusione dovrebbe essere registrata.

Per il suono a bassa frequenza, l'intervallo di frequenze di interesse sembra essere compresa tra 5 Hz e circa 100 Hz. Nell'intervallo al di sotto dei 20 Hz circa, per valutare il suono in alcuni paesi si usa la ponderazione G in conformità alla ISO 7196. Sopra i 15 Hz circa, l'analisi delle bande di ottava o di terzo di ottava nell'intervallo compreso tra 16 Hz e 100 Hz circa, è utilizzata in diversi paesi. Per il suono a bassa frequenza, la presente parte della ISO 1996 include l'intervallo di frequenza estesa da circa 12 Hz a 200 Hz (le bande di terzo di ottava di 16 Hz, 31 Hz, 63 Hz, 125 Hz e 160 Hz) e la valutazione deve essere eseguita in conformità alla ISO 7196.

## 9

### VALUTAZIONE DEI RISULTATI DELLA MISURAZIONE

#### 9.1

#### Generalità

Correggere tutti i valori misurati in esterni in base alla condizione di riferimento, se applicabile, cioè al livello del campo libero escludendo tutte le riflessioni tranne quelle del suolo.

#### 9.2

#### Livelli integrati nel tempo, $L_E$ e $L_{eqT}$

Per ciascuna posizione del microfono e ciascuna categoria di condizioni operative della sorgente determinare la media energetica dei valori misurati di  $L_E$  o  $L_{eqT}$ .

Nota Una guida sulle modalità per ottenere livelli di classificazione quali  $L_{Rdn}$  e  $L_{Rden}$  è fornita dalla ISO 1996-1.

#### 9.3

#### Livello massimo, $L_{max}$

Per ciascuna posizione del microfono e ciascuna categoria di condizioni operative della sorgente, determinare i valori seguenti ogni qualvolta siano pertinenti:

- il massimo;
- la media aritmetica;
- la media energetica;
- lo scarto tipo;
- la distribuzione statistica dei valori misurati di  $L_{max}$ .

Per i gruppi omogenei di eventi singoli con una distribuzione gaussiana di livelli massimi di pressione sonora, usare l'equazione (3) e la figura 1 per stimare i percentili della distribuzione dei livelli massimi di pressione sonora.

$$L_{max,p} = \bar{L}_{max} + y \times s \quad (3)$$

dove:

$L_{max,p}$  è il livello massimo superato da  $p$  % degli eventi;

$\bar{L}_{max}$  è la media aritmetica di  $L_{max}$  da tutti gli eventi;

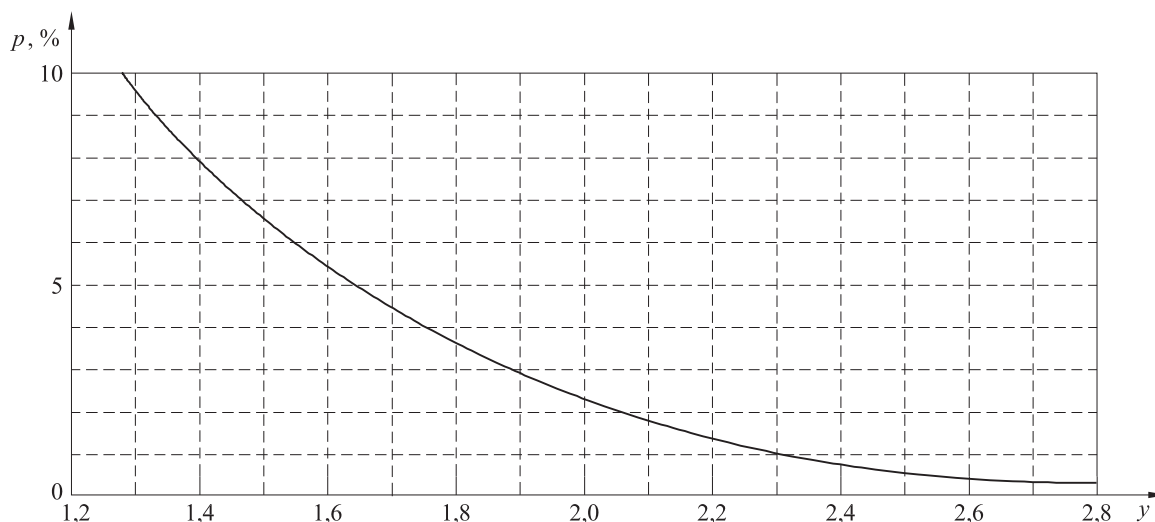
$s$  è lo scarto tipo dei livelli massimi degli eventi (una stima dello scarto tipo della distribuzione gaussiana);

$y$  è il numero di scarti tipo fornito dalla figura 1.



figura 1

Percentuale,  $p$ , di eventi singoli con un livello massimo di pressione sonora che supera, di un certo valore,  $y$ , di scarti tipo, la media (aritmetica) di una distribuzione normale dei livelli massimi di pressione sonora



Esempio:

Se si richiede il quinto tra i massimi livelli di pressione sonora di 500 veicoli in transito, allora il percentile desiderato è  $(5/500) \times 100 = 1\%$  e dalla figura 1 il fattore,  $y$ , da inserire nell'equazione (3) è fornito da  $y = 2,33 \approx 2,3$ , cioè:

$$L_{\max(5\text{th highest})} = \bar{L}_{\max(\text{arithmetic average})} + 2,3 s$$

dove  $s$  è lo scarto tipo dei livelli massimi.

#### 9.4 Livello di eccedenza, $L_{N,T}$

Analizzare i valori campionati statisticamente per ottenere il livello statistico,  $L_{N,T}$ , per  $N\%$ .

#### 9.5 Misurazioni in interni

Usare un microfono di scansione o posizioni discrete. Se si sono usate posizioni discrete dei microfoni, calcolare il valore mediato nello spazio del livello di pressione sonora continuo equivalente come indicato dall'equazione (4):

$$L_{\text{eq}} = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{L_{\text{eq}j}/10} \text{ dB} \quad (4)$$

dove:

$n$  è il numero di posizioni dei microfoni, uguale o maggiore di 3;

$L_{\text{eq}j}$  è il livello di pressione sonora continuo equivalente nella posizione  $j$ , espresso in decibel.

Se le misurazioni sono eseguite durante diverse misurazioni degli intervalli di tempo con differenti condizioni del traffico, ciascuno dei livelli di rumorosità,  $L_{\text{eq}j}$ , dovrebbe essere convertito alle stesse condizioni del traffico di riferimento usando un metodo di calcolo appropriato; vedere punto 11.2.

Se la camera di misurazione è ammobiliata in modo normale oppure ha un trattamento acustico sul soffitto, non effettuare correzioni dei valori misurati. Se la camera è vuota e senza trattamento acustico, sottrarre 3 dB dai valori misurati.

Nota La correzione di 3 dB usata per tenere conto della differenza tra le camere ammobiliate e quelle non ammobiliate è una semplificazione per evitare di effettuare misurazioni del tempo di riverbero. Se i regolamenti richiedono diversamente, può essere necessario misurare il tempo di riverbero e normalizzare i livelli di pressione sonora misurati allo stato di riferimento del regolamento.

## Suono residuo

Se il livello di pressione sonora residuo è 10 dB o più al di sotto del livello di pressione sonora misurato, non apportare correzioni. Il valore misurato è quindi valido per la sorgente sottoposta a prova.

Se il livello di pressione sonora residuo è 3 dB o meno al di sotto del livello di pressione sonora misurato, non sono ammesse correzioni. L'incertezza di misurazione risulta quindi ampia. I risultati possono, comunque, essere in ogni caso registrati e possono risultare utili per la determinazione di un confine superiore al livello di pressione sonora della sorgente sottoposta a prova. Se simili dati sono registrati, deve essere chiaramente indicato nel testo del rapporto, oltre che nei grafici e nei prospetti di risultati, che il valore riportato non può essere corretto per rimuovere l'effetto del suono residuo.

Per i casi nei quali il livello di pressione sonora residuo è compreso in un intervallo che va da 3 dB a 10 dB sotto il livello di pressione sonora misurato, correggere secondo l'equazione (5):

$$L_{\text{corr}} = 10\lg(10^{L_{\text{meas}}/10} - 10^{L_{\text{resid}}/10}) \text{ dB} \quad (5)$$

dove:

$L_{\text{corr}}$  è il livello di pressione sonora corretto;

$L_{\text{meas}}$  è il livello di pressione sonora misurato;

$L_{\text{resid}}$  è il livello di pressione sonora residuo;

## ESTRAPOLAZIONE ALLE ALTRE CONDIZIONI

### Posizione

L'estrapolazione dei risultati di misurazione è spesso utilizzata per stimare il livello di pressione sonora in un'altra posizione. Una simile estrapolazione è utile, per esempio, quando il suono residuo impedisce una misurazione diretta nella posizione del ricettore.

Le misurazioni della rumorosità devono essere eseguite in una posizione ben definita, né troppo vicina (non nel campo vicino di alcuna parte della sorgente) né troppo lontana (è desiderabile un'influenza minore del clima sulla trasmissione) dalla sorgente in relazione all'estensione della medesima. Calcolando l'attenuazione che ha avuto luogo durante la propagazione dalla sorgente alla posizione di misurazione, si definisce una stima dell'emissione di rumore della sorgente. Questa stima viene successivamente utilizzata per calcolare il livello di pressione sonora su un ricettore ancora più lontano dalla sorgente di rumore rispetto alla posizione di misurazione intermedia.

Per eseguire il calcolo dell'attenuazione della trasmissione sonora, è necessario usare un metodo di calcolo; vedere punto 11. La posizione di misurazione intermedia deve essere scelta in modo da facilitare la misurazione e il calcolo di tipo affidabile. Per esempio, non ci dovrebbero essere ostacoli schermanti tra la sorgente e il microfono e si dovrebbe preferire una posizione del microfono elevata dato che questo consente di ridurre al minimo l'influenza delle condizioni climatiche durante la misurazione.

### Altre condizioni di tempo e operative

Spesso le misurazioni sono eseguite durante periodi di tempo più brevi dell'intervallo di tempo di riferimento e i risultati devono essere regolati in base ad altre condizioni di tempo e operative. Le medie nel lungo periodo sono calcolate dalle misurazioni di breve periodo tenendo conto di influenze quali altri flussi di traffico, altre composizioni di veicoli, altre distribuzioni di condizioni climatiche, ecc. Talvolta diversi momenti della giornata sono ponderati in modo diverso. È necessario basare tali regolazioni su qualche tipo di metodo di calcolo; vedere punto 11.



**Generalità**

In molti casi, le misurazioni possono essere sostituite o integrate da calcoli. I calcoli sono spesso più affidabili di una singola misurazione a breve periodo quando si devono determinare le medie nel lungo periodo e in altri casi nei quali è impossibile eseguire le misurazioni a causa di eccessivi livelli di pressione sonora residui. In quest'ultimo caso, è talvolta conveniente eseguire le misurazioni a una breve distanza dalla sorgente e quindi usare un metodo di calcolo per estrapolare il risultato a una distanza maggiore.

Quando si esegue il calcolo invece di misurare i livelli di pressione sonora, è necessario disporre di dati sulla sorgente di emissione del rumore, preferibilmente come livello di potenza sonora della sorgente (inclusa la direttività della sorgente), e la posizione della(e) (a) sorgente(i) puntuale(e) che crea(n) nell'ambiente identici livelli di pressione sonora rispetto alla sorgente reale. Per il rumore da traffico, i livelli di potenza sonora sono spesso sostituiti dai livelli di pressione sonora determinati in condizioni ben definite. Spesso simili dati sono forniti in modelli di calcolo stabiliti ma in altri casi è necessario che siano determinati in ciascun singolo caso.

Usando un modello idoneo alla propagazione del suono dalla sorgente al ricettore, si può calcolare il livello di pressione sonora al punto di valutazione. È necessario correlare la propagazione del suono a condizioni del terreno e meteorologiche ben definite. La maggior parte dei modelli di calcolo fanno riferimento a condizioni di propagazione del suono neutre o favorevoli, dato che le altre condizioni di propagazione sono molto più difficili da prevedere. Anche l'impedenza acustica del terreno riveste la sua importanza, in particolare per brevi distanze e basse altezze di sorgente e ricettore. La maggior parte dei modelli distinguono soltanto fra terreno duro e soffice. È, in generale, più facile eseguire calcoli precisi con posizioni elevate di sorgente e ricettore.

Sono richiesti vari gradi di accuratezza a seconda dello scopo finale del calcolo. La necessaria densità dei punti sulla griglia usata come base per la mappatura dei livelli di rumorosità in un'area dipende dallo scopo della mappatura. La variazione del livello di rumorosità è più forte nelle vicinanze delle sorgenti e di grandi ostacoli. La densità dei punti della griglia dovrebbe, quindi, essere più alta in queste zone. In generale, per l'esposizione alla rumorosità complessiva, la mappatura della differenza dei livelli di pressione sonora tra punti adiacenti di una griglia non dovrebbe essere maggiore di 5 dB. Quando si selezionano le misure di mitigazione della rumorosità in forma di attrezzature di controllo del rumore o di compensazione economica, la densità dei punti sulla griglia dovrebbe essere scelta in modo che la variazione tra i punti adiacenti non ecceda 2 dB.

**Metodi di calcolo****Generalità**

Non ci sono metodi di calcolo completi che godano di riconoscimento internazionale, sebbene ci siano alcune norme internazionali, quali la ISO 9613-1, la ISO 9613-2 e la ISO/TS 13474, sulla propagazione del suono che possono essere applicate a sorgenti con uscita di potenza sonora nota. Un elenco di metodi di calcolo nazionali è fornito nell'appendice E.

**Procedimenti specifici**

Sono stati sviluppati metodi di calcolo separati per la valutazione di rumore stradale, ferroviario e aereo. Nella maggior parte dei paesi, si ricorre a metodi nazionali. Molti metodi sono limitati ai calcoli dei livelli di pressione sonora ponderata A e sono applicabili a uno spettro di frequenze specifico. Generalmente, si calcola un valore metrico basato su  $L_{Aeq}$  e talvolta questo valore metrico è integrato da  $L_{max}$ . Ci sono, comunque, eccezioni.

**INFORMAZIONI DA REGISTRARE E RIPORTARE**

Per le misurazioni, le informazioni seguenti devono, se pertinenti, essere registrate e riportate:

- a) ora, giorno e luogo delle misurazioni;
- b) strumentazione e sua taratura;
- c) livelli di pressione sonora misurati e, se pertinenti, corretti ( $L_{eqT}$ ,  $L_E$ ,  $L_{max}$ ), ponderati A (facoltativamente anche ponderati C) e, facoltativamente, in bande di frequenza;
- d) livello superato per l' $N$  percento del tempo di misura di ( $L_{N,T}$ ) inclusivo della base di calcolo (tasso di campionamento e altri parametri);
- e) stima dell'incertezza di misurazione assieme alla probabilità di copertura;
- f) informazioni sui livelli di pressione sonora residui durante le misurazioni;
- g) intervalli di tempo per le misurazioni;
- h) descrizione particolareggiata del sito di misurazione, comprendente la disposizione e le condizioni del terreno, nonché delle posizioni, compresa l'altezza dal suolo, di microfono e della sorgente;
- i) descrizione delle condizioni operative, comprendente il numero di passaggi di veicoli/convogli/aeromobili specificati per ogni categoria idonea;
- j) descrizione delle condizioni meteorologiche, comprendente la velocità del vento, direzione del vento, copertura nuvolosa, temperatura, pressione barometrica, umidità e presenza di precipitazioni, nonché posizione dei sensori di vento e temperatura;
- k) metodo(i) usato(i) per estrapolare i valori misurati in altre condizioni.

Per i calcoli si devono fornire le informazioni pertinenti elencate da a) a k), ad inclusione dell'incertezza di calcolo.

## A.1 Clima e incertezza di misurazione

La variabilità dei livelli di rumorosità durante le misurazioni è influenzata dalle condizioni climatiche. Le condizioni climatiche sono caratterizzate nella presente appendice dal raggio di curvatura del percorso sonoro. I valori forniti per lo scostamento tipo,  $\sigma_m$ , dovuto a variazioni indotte dal clima nell'attenuazione dovuta alla propagazione acustica sono valide per specifiche condizioni di propagazione acustica. Tali valori non possono essere forniti per i livelli di rumore a lungo periodo che consistono di contributi derivati dalla propagazione acustica in una varietà di condizioni. La presente appendice solitamente è valida per la misurazione in intervalli di tempo che variano da 10 min sino a poche ore.

---

## A.2 Caratterizzazione del clima

Per una propagazione pressoché orizzontale il raggio,  $R$ , che approssima la curvatura dei percorsi sonori provocati dalla rifrazione atmosferica, può essere determinato dall'equazione (A.1).  $R$  varia con l'altezza dal suolo.

$$R = \frac{c(\tau)}{\frac{k_{\text{const}}}{\sqrt{\tau}} \frac{\partial \tau}{\partial z} + \frac{\partial u}{\partial z}} \quad (\text{A.1})$$

dove:

$c(\tau)$  è la velocità del suono in aria, espressa in metri al secondo, uguale a  $c_0 \sqrt{\tau}$ , dove

$$c_0 = 20,05 = \frac{m}{s \sqrt{K}};$$

$u$  è il componente della velocità del vento nella direzione di propagazione, espresso in metri al secondo;

$k_{\text{const}}$  è una costante uguale a  $10 \frac{m}{s \sqrt{K}}$ ;

$\tau$  è la temperatura assoluta dell'aria, espressa in kelvin;

$z$  è l'altezza dal suolo, espressa in metri.

Sulla base delle differenze di temperatura e di velocità del vento a 10 m e 0,5 m di altezza rispetto al suolo, il valore numerico di  $R$ , espresso in chilometri, può essere approssimato dall'equazione (A.2).

$$R = \frac{3,2}{0,6 \Delta \tau + \Delta u \cos \theta} \quad (\text{A.2})$$

dove:

$\Delta \tau$  è il valore numerico della differenza tra le temperature dell'aria, espresse in kelvin, a 10 m e 0,5 m di altezza rispetto al suolo;

$\Delta u$  è il valore numerico della differenza tra le velocità del vento, espresse in metri al secondo, a 10 m e 0,5 m di altezza rispetto al suolo;

$\theta$  è l'angolo tra la direzione del vento e la direzione dal sorgente al ricettore.

Durante la misurazione si dovrebbe aver cura delle differenze di temperatura minima. Frequentemente la differenza è minore dell'incertezza nella taratura dei termometri.

### A.3

#### Condizioni favorevoli alla propagazione del suono

Il raggio di curvatura del percorso sonoro,  $R$ , dipende dal gradiente medio di velocità del vento e temperatura e costituisce il fattore di maggiore importanza nella determinazione delle condizioni di propagazione sonora. I valori positivi di  $R$  corrispondono alla curvatura verso il basso dei raggi sonori (per esempio durante condizioni sottovento o inversioni di temperatura). Simili condizioni di propagazione sonora sono spesso definite come "favorevoli", ovvero, i livelli di pressione sonora sono alti.

Nota 1 L'inversione di temperatura può verificarsi, per esempio di notte quando la copertura nuvolosa è minore del 70%.

Nota 2  $R = \infty$  corrisponde alla propagazione sonora in linea retta (atmosfera omogenea e "assenza di vento") mentre valori negativi di  $R$  corrispondono a una curvatura verso l'alto dei raggi sonori (per esempio durante condizioni sopravvento o in una calma giornata d'estate).

### A.4

#### Guida ai raggi di curvatura richiesti per la propagazione del suono favorevole e incertezza indotta dal clima sonora associata

L'equazione (2) richiede altezze del microfono maggiori di 5 m o 10 m a una distanza da 50 m a 100 m circa dalla sorgente per consentire la misurazione in qualsiasi condizione climatica. Per misurazioni ad altezze del microfono usate più in generale, la figura A.1 specifica il raggio di curvatura richiesto perché le condizioni di propagazione del suono siano "favorevoli" e indica lo scarto tipo associato,  $\sigma_m$ , dei risultati di misurazione previsto come conseguenza della variazione meteorologica nella propagazione su terreni porosi quali le praterie. Il valore non è applicabile alle misurazioni di lungo periodo.

La distinzione è operata nella figura A.1 tra le cosiddette situazioni "alte" e "basse", a seconda dell'altezza della sorgente,  $h_s$ , e dell'altezza del ricevitore,  $h_r$ . Le situazioni sono "alte" quando sia la sorgente sia il microfono sono di 1,5 m o più sopra il livello del suolo. Quando la sorgente è a meno di 1,5 m sul livello del suolo, il microfono deve essere a un'altezza di 4 m o più perché la situazione sia "alta". Quando la sorgente è a meno di 1,5 m sul livello del suolo, il microfono deve essere a un'altezza di 1,5 m o meno perché la situazione sia "bassa". Nelle situazioni "basse", i requisiti delle condizioni climatiche durante le misurazioni sono più severi di quelli delle situazioni "alte".

- situazione alta:  $h_s \geq 1,5 \text{ m}$  e  $h_r \geq 1,5 \text{ m}$ , oppure  
 $h_s < 1,5 \text{ m}$  e  $h_r \geq 4 \text{ m}$
- situazione bassa:  $h_s < 1,5 \text{ m}$  e  $h_r \leq 1,5 \text{ m}$

Quando l'intera superficie del terreno compresa tra la sorgente e la posizione di misurazione è acusticamente rigida, lo scarto tipo indotto dal clima può essere trascurato dato che non si forma alcuna ombra sonora, ovvero  $\sigma_m \cong 0,5 \text{ dB}$  sino a 25 m in situazioni "basse" e sino a 50 m in situazioni "alte".

Nota 1 La guida nel punto A.3 si basa sui dati di misurazione. Tali dati tendono a originare dai ricevitori collocati a 4 m o più in alto quando non originano da ricevitori ad altezze variabili tra 1,5 m e 2 m.

Nota 2 Nella figura A.1, un raggio di curvatura negativo è accettato nelle situazioni "alte" con distanze di propagazione minori di 200 m.

La figura A.1 è valida per il terreno piano e non schermato. Non sono disponibili informazioni quantitative per le posizioni dei ricevitori schermate o per i terreni caratterizzati da una topografia complessa. Sino alla disponibilità di tali informazioni, si raccomanda di usare la figura A.1 anche per le situazioni schermate e di definire le posizioni schermate come situazioni "basse".

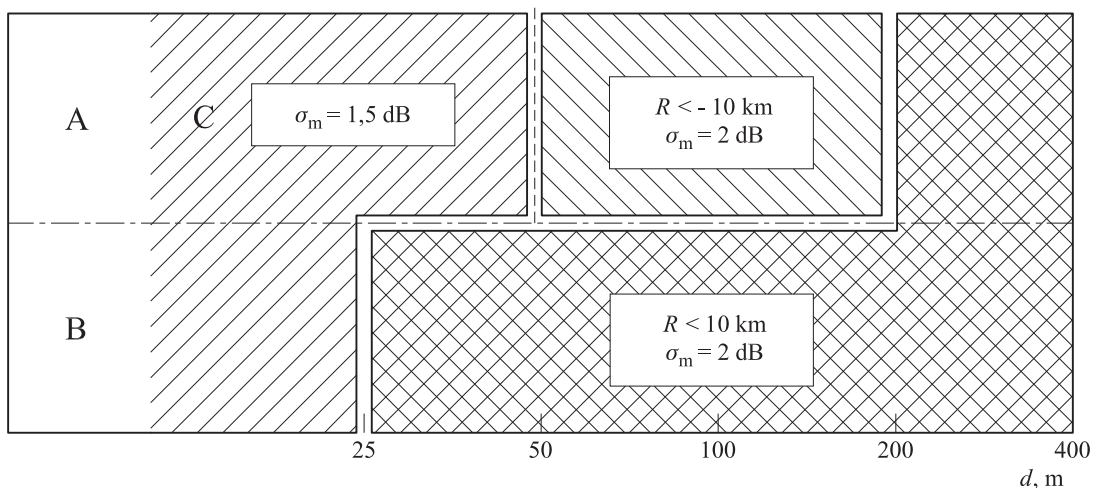
figura A.1

Il raggio di curvatura del percorso sonoro,  $R$ , e il contributo di incertezza alla misurazione associato, espresso come scarto tipo,  $\sigma_m$ , dovuto a cause climatiche, per varie combinazioni di altezze sorgente/ricettore (A - C) su suolo poroso A distanze,  $d$ , espresse in metri, maggiori di 400 m, il raggio di curvatura deve essere minore di 10 km e quindi l'incertezza di misurazione,  $\sigma_m$ , è pari a

$$\left(1 + \frac{d}{400}\right) \text{ dB}$$

Legenda

- A Alta
- B Bassa
- C Nessuna restrizione



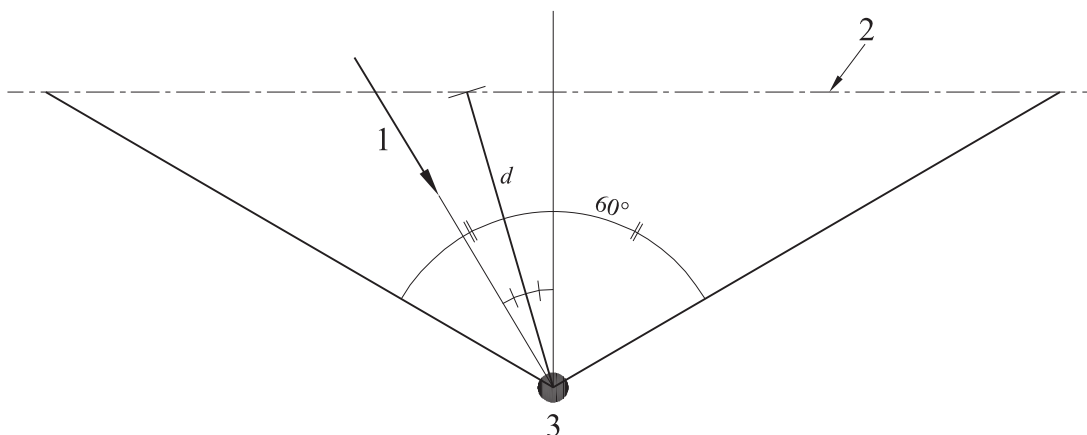
Per strade o altre sorgenti estese, la curvatura deve essere determinata in un piano verticale attraverso la posizione del microfono perpendicolare alla linea centrale della strada (o perpendicolare a una grande dimensione caratteristica della sorgente, se applicabile). La direzione del vento media deve essere compresa nell'intervallo  $\pm 60^\circ$  attorno alla perpendicolare che dalla strada attraversa la posizione del microfono. La distanza effettiva tra sorgente e ricettore deve essere determinata lungo la bisettrice dell'angolo compreso tra il vettore medio della velocità del vento e la perpendicolare dalla strada alla posizione del microfono; vedere figura A.2.

figura A.2

**Condizioni di propagazione favorevoli da una strada e alla distanza efficace tra sorgente e ricettore,  $d$**

Legenda

- 1 Direzione media del vento
- 2 Linea centrale
- 3 Posizione di misurazione



## Guida alla soddisfazione dei requisiti in figura A.1 da parte della curvatura del percorso sonoro

Le figure A.3 e A.4 mostrano i limiti dell'altezza del sole sull'orizzonte, e quindi il gradiente di temperatura, per gli intervalli di tempo della giornata (in ordinata) per ciascun mese dell'anno (in ascissa):

- l'area A corrisponde ai momenti nei quali il sole è a un angolo da 40° a 60° sull'orizzonte;
- l'area B corrisponde ai momenti nei quali il sole è a un angolo da 25° a 40° sull'orizzonte;
- l'area C;
- l'area D;
- l'area AA (figura A.4) corrisponde ai momenti nei quali il sole è a un angolo che è maggiore di 60° sull'orizzonte.

Le figure A.3 e A.4 sono appropriate per la propagazione del suono su prati urbani, per esempio, terreni caratterizzati da manto erboso, alberi singoli e abitazioni monofamiliari isolate in contesto urbano o rurale.

Il prospetto A.1 indica il minimo componente accettabile della velocità del vento (componente sottovento) nella direzione della propagazione del suono che assicura che il raggio di curvatura del percorso sonoro è minore di -10 km e minore di 10 km rispettivamente per le situazioni "alte" e "basse". Il carico sul componente sottovento dipende dalla nuvolosità e dal raggio di curvatura richiesto,  $R$ .

prospetto A.1

### Caratteristiche che influenzano il raggio di curvatura, $R$

Periodo del giorno	Copertura nuvolosa	Minimo componente della velocità del vento a 10 m sul livello del suolo, in m/s, dove	
		$R < -10$ km (alto, $d > 50$ m)	$R < 10$ km (basso, $d > 25$ m)
A	8/8 spesso e denso	0,4	1,3
	da 6/8 a 8/8	1,2	2,0
	<6/8	2,0	2,7
B	8/8 spesso e denso	0,2	1,2
	da 6/8 a 8/8	0,9	1,7
	<6/8	1,6	2,3
C	8/8 spesso e denso	0	0,9
	6/8	0,3	1,3
	<4/8	0,8	1,7
Notte	da 6/8 a 8/8	0,1	> 0,5
	<6/8	Velocità del vento >2 m/s; componente $\geq 0,1$	
D	Misurare solo vicino alla sorgente		

Questi requisiti assicurano che il raggio di curvatura,  $R$ , sia minore di -10 km e 10 km, per le situazioni "alta" e "bassa", rispettivamente, per i vari momenti della giornata e le diverse possibili coperture nuvolose.

L'area marcata "A" corrisponde a "la fascia centrale della giornata in estate". Con nubi spesse e dense è richiesto un componente sottovento di 1,3 m/s per soddisfare il criterio,  $R < 10$  km. Per una copertura nuvolosa leggera o clima sereno, è necessario un componente sottovento di 2,7 m/s o più per assicurare  $R < 10$  km, che è il requisito in condizioni "basse" a distanze sorgente-ricettore che superano i 25 m.

L'area marcata "B" rappresenta mattino e pomeriggio in estate e il periodo attorno al mezzogiorno in primavera e in autunno. Per esempio, il criterio,  $R < 10$  km, può essere soddisfatto da un componente sottovento di 2,3 m/s quando la copertura nuvolosa è minore di 6/8.

L'area marcata "C" comprende ore del giorno non comprese nei momenti designati da A o B. Il criterio,  $R < 10$  km, può per esempio essere soddisfatto con la leggera copertura nuvolosa di 4/8 con un componente sottovento caratterizzato da una velocità del vento di 1,7 m/s.

Le ore marcate con "D" indicano il momento che va dall'alba a 1,5 h dopo l'alba e da 1,5 h prima del tramonto al tramonto stesso. Durante queste ore si possono verificare importanti variazioni locali di temperatura. Si raccomanda di non eseguire misurazioni sensibili al clima durante questi periodi di tempo a meno che tali condizioni non siano decisive in casi speciali.

Durante la notte (mostrata in nero nelle figure A.3 e A.4), occorre solo un piccolo componente sottovento quando la copertura nuvolosa è maggiore di  $\frac{6}{8}$ . Se la nuvolosità è minore di  $\frac{6}{8}$  durante la notte, si possono verificare grandi gradienti di temperatura locali e una velocità del vento di 2 m/s o più risulta necessaria per evitare effetti speciali di propagazione del suono, quali la focalizzazione del suono in condizioni di inversione.

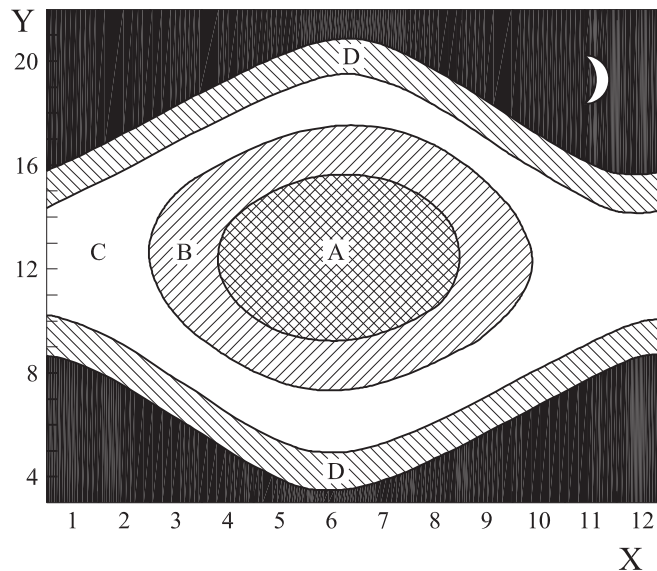
figura A.3

**Intervalli di tempo quando l'altezza del sole sull'orizzonte, e quindi il gradiente di temperatura, è compresa entro certi limiti a 56° di latitudine Nord**

Legenda

X Mesi dell'anno (iniziando dall'1 gennaio)

Y Momento del giorno, in ore



Nota 1 I dati usati per creare la figura A.3 e il prospetto A.1 sono stati raccolti approssimativamente al 56° di latitudine Nord.

Nota 2 Vedere figura A.4 per i dati relativi ad altre latitudini.

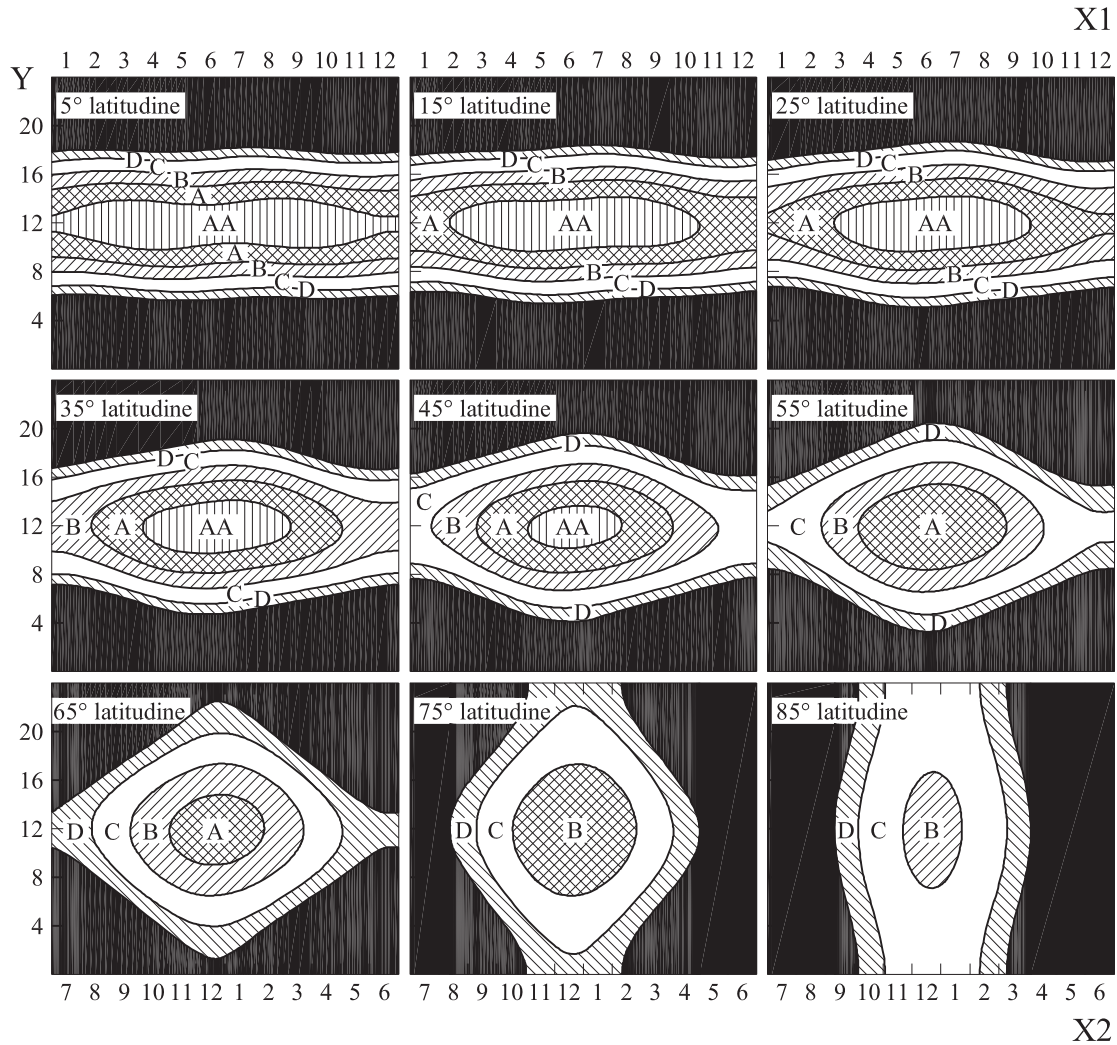


figura A.4

**Intervalli di tempo quando l'altezza del sole sull'orizzonte, e quindi il gradiente di temperatura, è compresa entro certi limiti a varie latitudini**

Legenda

- X1 Mesi dell'anno (iniziando dall'1 gennaio) a Nord dell'Equatore
- X2 Mesi dell'anno (iniziando dal 7 luglio) a Sud dell'Equatore
- Y Momento del giorno, in ore



Nota I dati usati per creare la figura A.4 sono stati raccolti approssimativamente al 56° di latitudine Nord e generalizzati per essere validi ad altre latitudini. I dati sui requisiti di sottovento nell'area AA sono insufficienti.



### **B.1 Posizione di campo libero**

Questa è una posizione nella quale non è presente alcuna superficie riflettente a parte il suolo se sufficientemente vicino da influenzare il livello di pressione sonora. La distanza dal microfono a qualsiasi superficie fono-riflettente distinta dal suolo deve essere almeno il doppio di quella che intercorre dal microfono alla parte dominante della sorgente sonora.

Nota Si possono fare eccezioni per piccole superfici fono-riflettenti e quando può essere dimostrato che la riflessione ha un effetto trascurabile. Questa considerazione si può basare su calcoli che tengano conto delle dimensioni principali della superficie riflettente e della lunghezza d'onda.

---

### **B.2 Microfono direttamente sulla superficie**

In base alle restrizioni e ai requisiti descritti qui sotto, questa posizione mira a ottenere un aumento ben definito di +6 dB del livello di pressione sonora del suono incidente (livello "del campo libero").

Questa posizione si trova su una superficie riflettente e il suono diretto e riflesso sono in fase sotto una certa frequenza,  $f$ . Per il rumore da traffico ad ampia banda con suono incidente da molti angoli,  $f$  è di circa 4 kHz per un microfono con un diametro da 13 mm montato sulla superficie riflettente. Questa posizione dovrebbe essere evitata se il suono arriva in modo predominante con un'incidenza radente.

La facciata entro una distanza di 1 m dal microfono deve essere piatta con un limite di  $\pm 0,05$  m. La distanza dal microfono ai bordi superficiali della parete della facciata deve essere maggiore di 1 m. Il microfono può essere montato come illustrato nella figura B.1 o con la membrana del microfono a filo con la superficie della piastra di montaggio. La piastra non dovrebbe avere uno spessore maggiore di 25 mm e le sue dimensioni non dovrebbero essere minori di 0,5 m  $\times$  0,7 m. La distanza dal microfono ai bordi e agli assi della simmetria della piastra di montaggio deve essere maggiore di 0,1 m per ridurre l'influenza della diffrazione ai bordi della piastra.

La piastra deve essere di materiale acusticamente duro e rigido, quale per esempio compensato verniciato di spessore maggiore di circa 19 mm o una piastra di alluminio di 5 mm con un minimo di 3 mm di materiale smorzante sul lato che fronteggia la parete, per evitare l'assorbimento acustico e la risonanza nell'intervallo di frequenza di interesse.

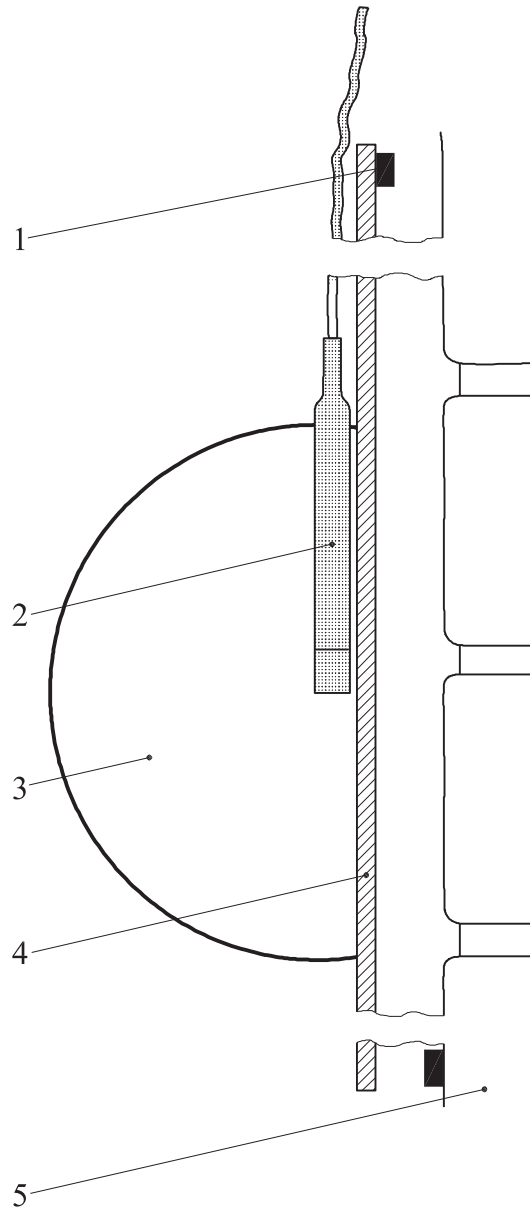
Nota La piastra nella figura B.1 poggia su strisce di gomma flessibili per compensare le irregolarità della facciata. Si dovrebbe aver cura di non creare nessun rumore aerodinamico di disturbo tra la piastra e una facciata ruvida.

Il microfono può essere usato senza una piastra quando la parete è realizzata di calcestruzzo, pietra, vetro, legno o altri materiali di durezza simile. In questo caso, la superficie della parete entro un raggio di 1 m dal microfono deve essere piana con una planarità di  $\pm 0,01$  m. Per le misurazioni di bande di ottava, si dovrebbe usare un microfono di diametro di 13 mm o minore. Se l'intervallo di frequenze è espansa sopra i 4 kHz, si dovrebbe usare un microfono da 6 mm.

### Montaggio del microfono su superficie riflettente

#### Legenda

- 1 Strisce di gomma
- 2 Microfono
- 3 Schermo
- 4 Piastra di montaggio
- 5 Parete o superficie riflettente



### Microfono nei pressi di una superficie riflettente

In base alle restrizioni e ai requisiti descritti qui sotto, questa posizione mira a ottenere un aumento ben definito di +3 dB del livello di pressione sonora del suono incidente (livello "del campo libero").

Quando il microfono è a distanza da una superficie riflettente, il suono diretto e riflesso sono ugualmente intensi e, quando la banda di frequenze considerata è sufficientemente ampia, la riflessione provoca un raddoppio dell'energia del campo sonoro diretto e un aumento di 3 dB nel livello di pressione sonora.

La facciata deve essere piana entro  $\pm 0,3$  m, e il microfono non deve essere posizionato in posizioni nelle quali il campo sonoro è influenzato dalla riflessione multipla del suono tra superfici sporgenti degli edifici.

Le finestre devono essere considerate come parte della facciata. Devono essere chiuse durante la misurazione ma è ammessa una piccola apertura per il filo del microfono.

I criteri dei punti da B.1 a B.3 assicurano che l'equivalente complessivo o il livello di pressione sonora massimo misurato abbia uno scarto minore di 1 dB dal livello del suono incidente maggiorato di 3 dB. Si distinguono due casi; vedere figura B.2:

- a) sorgente estesa, ovvero l'angolo visuale della sorgente,  $\alpha$ , è di  $60^\circ$  o più;
- b) sorgente puntiforme, ovvero  $\alpha$  è minore di  $60^\circ$ .

Per le sorgenti a banda stretta o misurazioni di banda di frequenza, si consigliano il campo libero o posizioni da +6 dB.

La distanza dal microfono al punto M, perpendicolare alla superficie riflettente, al punto O è  $d$ ; vedere figura B.2. Il punto O è considerato rappresentativo della posizione del microfono quando si determina l'angolo visuale,  $\alpha$ . Le distanze  $a'$  e  $d'$  sono misurate lungo la linea di divisione dell'angolo,  $\alpha$ .  $M'$  è il punto sulla linea di divisione a una distanza perpendicolare,  $d$ , dalla superficie riflettente.

Le distanze dal punto O ai bordi più vicini della superficie riflettente sono  $b$  (misurate orizzontalmente) e  $c$  (misurate verticalmente). Per evitare effetti dei bordi nell'intervallo di frequenze inclusiva delle bande di ottava da 125 Hz a 4 kHz, si deve soddisfare il criterio dell'equazione (B.1) per la misurazione orizzontale o nell'equazione (B.2) per la misurazione verticale.

$$b \geq 4d \quad (\text{B.1})$$

$$c \geq 2d \quad (\text{B.2})$$

Il criterio nell'equazione (B.3) per una sorgente estesa o nell'equazione (B.4) per una sorgente puntiforme assicura che i suoni incidenti e riflessi siano egualmente intensi.

$$d' \leq 0,1a' \quad (\text{B.3})$$

$$d' \leq 0,05a' \quad (\text{B.4})$$

I criteri elencati nelle equazioni da (B.5) a (B.8) assicurano che il microfono sia posizionato a una distanza sufficiente dalla regione +6 dB nei pressi della facciata.

- I livelli di pressione sonora ponderati A complessiva per una sorgente estesa, in conformità all'equazione (B.5):

$$d' \geq 0,5 \text{ m} \quad (\text{B.5})$$

- i livelli di pressione sonora di banda di ottava per una sorgente estesa, in conformità all'equazione (B.6):

$$d' \geq 1,6 \text{ m} \quad (\text{B.6})$$

- i livelli di pressione sonora ponderati A complessiva per una sorgente puntiforme, in conformità all'equazione (B.7):

$$d' \geq 1,0 \text{ m} \quad (\text{B.7})$$

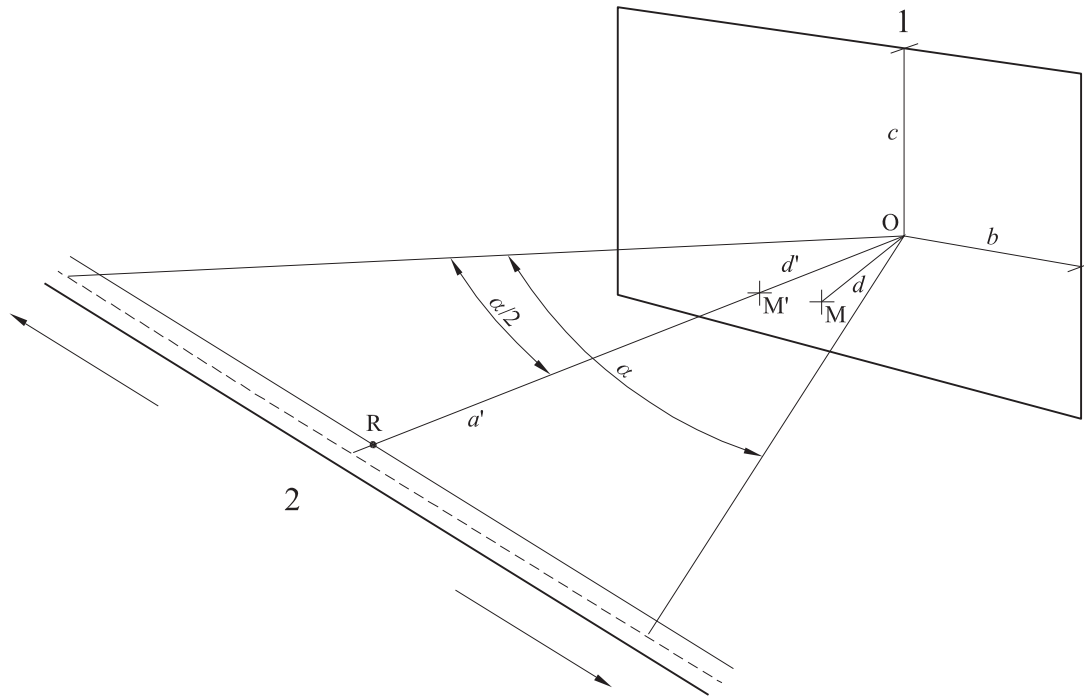
- i livelli di pressione sonora di banda di ottava per una sorgente puntiforme, in conformità all'equazione (B.8):

$$d' \geq 5,4 \text{ m} \quad (\text{B.8})$$

**Microfono nei pressi della superficie riflettente**

Legenda

- 1 Facciata di edificio o altra superficie riflettente
- 2 Sorgente estesa
- M Posizione del microfono
- $d$  Distanza perpendicolare tra la posizione del microfono e la superficie riflettente, O
- RO Linea di divisione dell'angolo,  $\alpha$



## C.1 Introduzione

La presente appendice fornisce procedimenti di misurazione da utilizzare per verificare la presenza di toni udibili se la loro presenza è messa in dubbio. Basato sulla prominente dei toni, questo procedimento fornisce anche i livelli consigliati di regolazione. La mira del metodo oggettivo è quella di valutare la prominente dei toni nello stesso modo con cui in media lo fanno gli ascoltatori. Il metodo si basa sul concetto psicoacustico delle bande critiche, che sono bande definite in modo che il suono all'esterno di una banda critica non contribuisca in modo significativo all'udibilità dei toni all'interno di quella banda critica.

Il metodo include procedimenti per toni costanti e variabili, rumori a banda stretta, toni a bassa frequenza e il risultato è una regolazione graduata da 0 dB a 6 dB.

## C.2 Metodo oggettivo

### C.2.1 Generalità

Il metodo ha tre fasi:

- l'analisi delle frequenze a banda stretta (preferibilmente l'analisi FFT);
- determinazione del livello medio di pressione sonora del(i) tono(i) e del rumore di mascheramento all'interno della banda critica attorno al(i) tono(i);
- calcolo dell'udibilità tonale,  $\Delta L_{ta}$ , e della regolazione,  $K_t$ .

### C.2.2 Analisi di frequenza

Uno spettro a banda stretta ponderato A è misurato mediante mediazione lineare per almeno 1 min ("media di lungo periodo").

L'ampiezza di banda dell'analisi efficace deve essere minore del 5% dell'ampiezza di banda delle bande critiche con componenti tonali. Le ampiezze delle bande critiche sono illustrate nel prospetto C.1.

Si raccomanda che la configurazione di misurazione, inclusiva dell'analizzatore di frequenze, sia tarata in dB rif. 20  $\mu$ Pa, e che la ponderazione di Hanning sia utilizzata come funzione della finestra.

Nota 1 Con la finestra di tempo di Hanning consigliata, l'ampiezza di banda dell'analisi effettiva (o l'ampiezza di banda del rumore effettivo) è 1,5 volte la risoluzione della frequenza. La risoluzione della frequenza è la distanza tra le linee nello spettro.

Nota 2 Con un'ampiezza di banda dell'analisi effettiva del 5% di una banda critica, solo i toni generalmente udibili compaiono come massimi locali di almeno 8 dB sopra il rumore di mascheramento circostante negli spettri mediati.

Nota 3 Nei rari casi di un tono complesso con numerosi componenti di tono addossati, può essere necessaria una risoluzione più fine per determinare correttamente il livello del rumore di mascheramento.

Nota 4 Se la frequenza dei toni udibili nello spettro varia di oltre il 10% rispetto all'intervallo di frequenze della banda critica all'interno del tempo di mediazione, può essere necessario suddividere la media di lungo periodo in un numero di medie di termine più breve.

### C.2.3 Determinazione dei livelli di pressione sonora

#### C.2.3.1 Livelli di pressione sonora dei toni, $L_{pt}$

I toni possono essere identificati dallo spettro di frequenza di banda stretta per ispezione visiva. I livelli di pressione sonora dei toni sono determinati dallo spettro.

Tutti i massimi locali con un'ampiezza di banda di 3 dB minore del 10% dell'ampiezza di banda della banda critica effettiva sono considerati come un tono.

I livelli,  $L_{pti}$ , di tutti i toni,  $i$ , nella stessa banda critica devono essere aggiunti a una base energetica per fornire il livello totale del tono per quella banda,  $L_{pt}$ , come indicato dall'equazione (C.1):

$$L_{pt} = 10 \lg \sum 10^{\frac{L_{pti}}{10}} \text{ dB} \quad (\text{C.1})$$

Nota Se un "tono" è una banda stretta di rumore, o se la frequenza di un tono varia, il tono appare come diverse linee nello spettro mediato. In tali casi, il livello del tono,  $L_{pti}$ , è la somma dell'energia di tutte le linee, con livelli compresi entro 6 dB dal livello massimo locale e corretti per l'influenza della funzione finestra applicata. (Per la ponderazione di Hanning, questa è la somma dell'energia delle linee meno 1,8 dB.)

Nei casi in cui i toni appaiono a basse frequenze, è consigliabile investigare se il livello totale del tono sia al di sopra della soglia uditiva (ISO 389-7). Se il livello totale del tono in una banda critica è al di sotto della soglia uditiva, la banda critica in oggetto dovrebbe essere ignorata per quanto riguarda la valutazione dell'udibilità tonale.

### C.2.3.2

#### Ampiezza di banda e frequenza centrale delle bande critiche

Le ampiezze delle bande critiche sono illustrate nel prospetto C.1.

prospetto C.1

#### Larghezze delle bande critiche

Frequenza centrale, $f_c$ , Hz	da 50 a 500	Sopra 500
Ampiezza di banda, Hz	100	20% di $f_c$

La banda critica deve essere posizionata con la sua frequenza centrale,  $f_c$ , sulla frequenza del tono. Quando diversi toni sono presenti nell'intervallo di una banda critica, la banda critica deve essere posizionata in modo simmetrico attorno ai toni più significativi in modo tale che la differenza tra il livello totale del tono,  $L_{pt}$ , e il livello del rumore di mascheratura,  $L_{pn}$ , (vedere punto C.2.3.3) sia amplificata al massimo.

Per la definizione della frequenza centrale di una banda critica, solo i toni con livelli di 10 dB o meno minori del livello del tono con il livello massimo dovrebbero essere considerati come significativi.

Nota La frequenza centrale,  $f_c$ , delle bande critiche può variare continuamente sull'intervallo di frequenze di interesse. La banda critica minima è da 0 Hz a 100 Hz.

### C.2.3.3

#### Livello di pressione sonora del rumore di mascheramento all'interno di una banda critica, $L_{pn}$

Il livello di rumorosità medio,  $L_{pn,avg}$ , in una banda critica può essere rinvenuto mediante una media visiva dei livelli delle "linee di rumore" nello spettro di frequenza a banda stretta in un intervallo che si estende dalla frequenza centrale,  $f_c$  a circa  $\pm 0,5$  o 1 della banda critica da ogni lato. Le "linee di rumore" sono individuate ignorando tutti i massimi nello spettro che risultano da toni e dalle loro possibili bande laterali in quell'intervallo.

Il livello di pressione sonora totale del rumore di mascheramento,  $L_{pn}$ , è calcolato dal livello di rumore medio all'interno della banda critica,  $L_{pn,avg}$ , come indicato dall'equazione (C.2):

$$L_{pn} = L_{pn,avg} + 10 \lg \frac{B_{crit}}{B_{eff}} \text{ dB} \quad (\text{C.2})$$

dove:

$B_{crit}$  è una larghezza di banda critica, espressa in hertz;

$B_{eff}$  è una larghezza di banda di analisi effettiva, espressa in hertz;

### C.2.4

#### Calcolo dell'udibilità tonale, $\Delta L_{ta}$ , e della regolazione, $K_t$

L'udibilità tonale,  $\Delta L_{ta}$ , si esprime in decibel sulla soglia di mascheratura, MT; vedere figura C.1. La regolazione,  $K_t$ , è il valore da aggiungere al valore di  $L_{Aeq}$  per un intervallo di tempo per fornire il livello di classificazione corretto per tono di quell'intervallo. Dalla differenza tra il livello del tono e il livello del rumore in una banda critica,  $L_{pt} - L_{pn}$ , sia  $\Delta L_{ta}$  sia  $K_t$  possono essere determinati per mezzo della figura C.1. Una determinata frequenza

centrale,  $f_c$ , della banda critica e una determinata differenza di livello,  $L_{pt} - L_{pn}$ , determinano un punto nella figura C.1. L'udibilità tonale,  $\Delta L_{ta}$ , è determinata come la differenza tra  $(L_{pt} - L_{pn})$  e la soglia di mascheramento mostrata nella figura.  $K_t$  è letto per interpolazione tra le linee marcate con valori differenti di  $K_t$  nella figura. In alternativa,  $\Delta L_{ta}$  può essere calcolato per mezzo dell'equazione (C.3), mentre  $K_t$  può essere calcolato per mezzo dell'equazione (C.4).

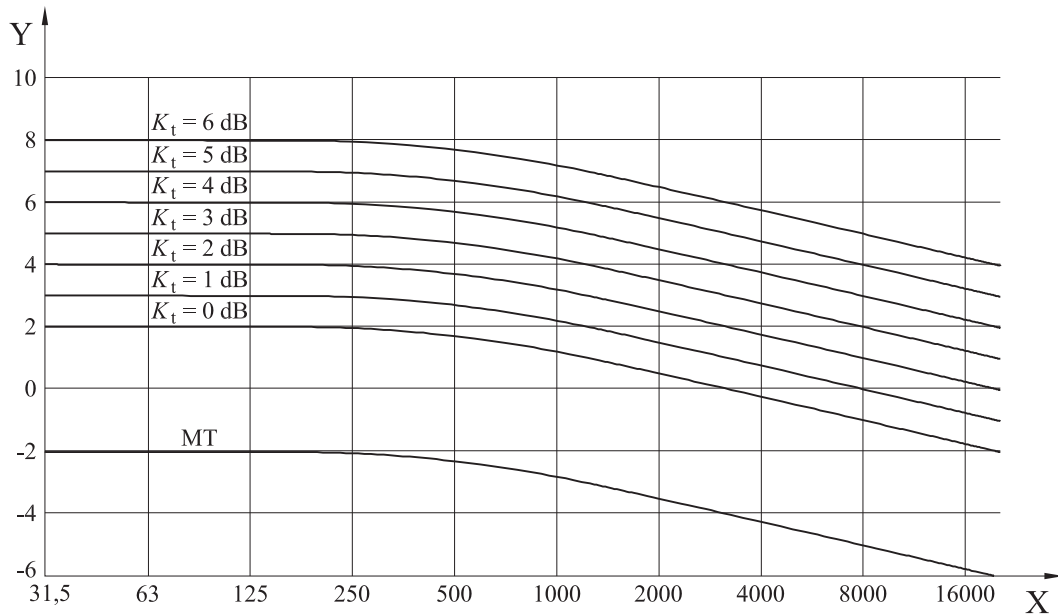
figura C.1

**Soglia di mascheramento, MT, e curve per la determinazione della regolazione,  $K_t$**

Legenda

X  $L_{pt} - L_{pn}$ , espresso in decibel

Y Frequenza centrale della banda critica, espressa in hertz



Nota  $L_{pt}$  è il livello totale di pressione sonora dei toni nella banda critica, mentre  $L_{pn}$  è il livello totale di pressione sonora del rumore di mascheramento nella banda critica.

$$\Delta L_{ta} = L_{pt} - L_{pn} + 2\text{dB} + \lg \left[ 1 + \left( \frac{f_c}{502} \right)^{2,5} \right] \text{ dB} \quad (\text{C.3})$$

dove:

$L_{pt}$  è il livello di pressione sonora totale dei toni nella banda critica;

$L_{pn}$  è il livello di pressione sonora totale del rumore di mascheramento nella banda critica;

$f_c$  è la frequenza centrale della banda critica, espressa in hertz.

La regolazione,  $K_t$ , espressa in decibel, è determinata dalle equazioni da (C.4) a (C.6):

- Per  $10 \text{ dB} < \Delta L_{ta}$ , in conformità all'equazione (C.4):

$$K_t = 6 \text{ dB} \quad (\text{C.4})$$

- Per  $4 \text{ dB} \leq \Delta L_{ta} \leq 10 \text{ dB}$ , in conformità all'equazione (C.5):

$$K_t = \Delta L_{ta} - 4 \text{ dB} \quad (\text{C.5})$$

- Per  $\Delta L_{ta} < 4 \text{ dB}$ , in conformità all'equazione (C.6):

$$K_t = 0 \text{ dB} \quad (\text{C.6})$$

Nota  $K$  non è limitato ai valori interi.

Quando diversi toni (o gruppi di toni) si verificano simultaneamente in diverse bande critiche, si devono effettuare valutazioni separate per ciascuna di queste bande. La banda critica che contiene il(i) tono(i) più dominanti (ovvero che fornisce il massimo valore di  $\Delta L_{ta}$ ) è decisiva per il valore di  $\Delta L_{ta}$  e per la regolazione,  $K_t$ .

---

## C.3

### Documentazione

Come documentazione per l'analisi, si devono fornire le informazioni seguenti:

- a) per l'analisi:
  - numero di spettri mediati, periodo di tempo di misurazione e ampiezza di banda dell'analisi effettiva,
  - finestra temporale (per esempio Hanning), ponderazione temporale (Lin), e ponderazione in frequenza (A),
  - uno spettro tipico (almeno) con un'indicazione della posizione della banda critica e del livello medio di rumorosità in quella banda;
- b) per i calcoli nella banda critica decisiva:
  - una dichiarazione pertinente il metodo di conseguimento dei risultati: per ispezione visiva o calcolo automatico,
  - limiti di frequenza della banda critica e dell'intervallo per la mediazione visiva o la regressione lineare (vedere punto C.4.3),
  - frequenze e livelli dei toni e il livello totale del tono ( $L_{pti}$  ed  $L_{pt}$  rif. 20  $\mu$ Pa, in decibel),
  - livello del rumore di mascheramento nella banda critica ( $L_{pn}$  rif. 20  $\mu$ Pa, in decibel),
  - udibilità dei toni ( $\Delta L_{ta}$  in decibel sopra la soglia di mascheramento),
  - dimensioni della regolazione ( $K_t$  in decibel);
- c) toni in altre bande critiche che possono causare una regolazione dovrebbero essere menzionati in base alle loro frequenze.

---

## C.4

### Definizioni dettagliate dei livelli del tono e del rumore di mascheramento

#### C.4.1

##### Generalità

Nel contesto di possibili implementazioni del metodo su computer, nel punto C.4 si forniscono definizioni più complete di toni e rumore.

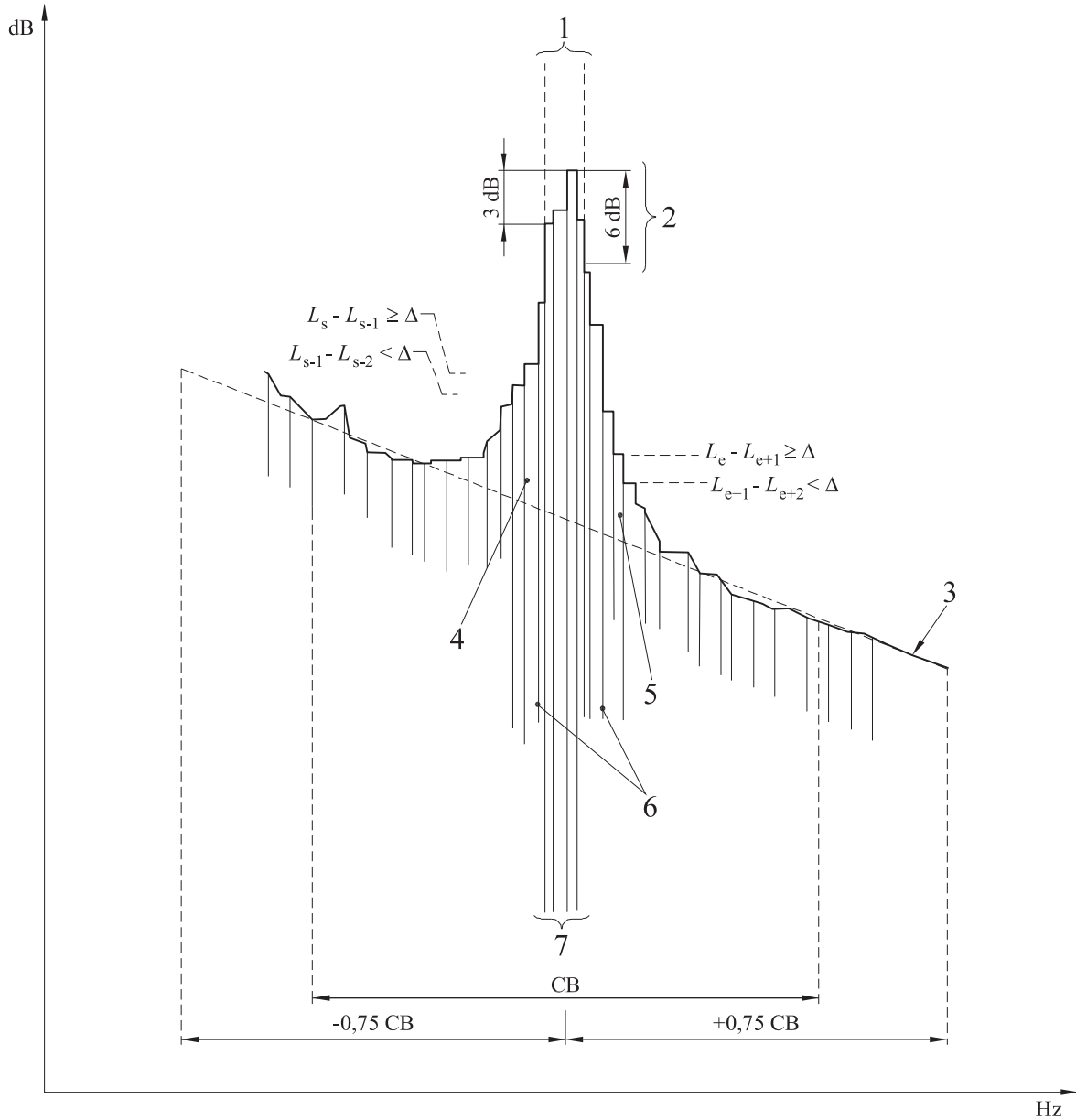
Nota Il tecnico che esegue l'analisi ha la responsabilità definita per la correttezza dei risultati. È pertanto importante che le implementazioni del software rendano possibile ispezionare in modo visivo i risultati. È necessario avere uno spettro con almeno le linee definite come i toni indicati, assieme alle bande critiche corrispondenti e alle linee di regressione. Per di più, la colorazione separata delle linee dello spettro caratterizzate come rumore, pausa del rumore e toni sono utili.



**Definizioni di toni, rumore e pausa del rumore (né tono né rumore).  $\Delta$  è il criterio di ricerca del tono ed è generalmente scelto come 1 dB**

Legenda

- 1 Tono quando l'ampiezza di banda di 3 dB è minore del 10% della banda critica
- 2 Energia tonale
- 3 Regressione lineare del livello del rumore
- 4 Avvio rumore-pausa
- 5 Fine rumore-pausa
- 6 Né tono né rumore
- 7 Tono
- CB Banda critica



## C.4.2

### Pause del rumore

Le pause del rumore sono i massimi locali con una probabilità di un tono. Le pause del rumore sono definite e reperite secondo il principio seguente.

L'avvio di una pausa del rumore è individuato sull'inclinazione positiva di un massimo locale come la linea,  $s$ , nella quale le condizioni delle equazioni (C.7) e (C.8) sono soddisfatte:

$$L_s - L_{s-1} \geq \Delta \text{ dB} \quad (\text{C.7})$$

$$L_{s-1} - L_{s-2} < \Delta \text{ dB} \quad (\text{C.8})$$

$L_s$  è il livello del numero di linea  $s$  e  $L_{s-1}$  è il livello del numero di linea  $s - 1$ , ecc.  $\Delta$  è il criterio della ricerca del tono generalmente scelto come 1 dB.

Per spettri normali e omogenei, un criterio di ricerca del tono di  $\Delta = 1$  dB funziona senza problemi. Per spettri irregolari (per esempio spettri con tempo di mediazione breve come menzionato al punto C.2.2), valori sino a 3 dB o 4 dB possono fornire risultati migliori. Si raccomanda che questo parametro sia definito dall'utente nelle implementazioni software del metodo.

La fine di una pausa del rumore è definita sull'inclinazione negativa di un massimo locale come la linea,  $e$ , nella quale le condizioni delle equazioni (C.9) e (C.10) sono soddisfatte:

$$L_e - L_{e+1} \geq \Delta \text{ dB} \quad (\text{C.9})$$

$$L_{e+1} - L_{e+2} < \Delta \text{ dB} \quad (\text{C.10})$$

Un intervallo preliminare di pausa del rumore è definito come tutte le linee da  $s$  ad  $e$  inclusive di entrambe.

La ricerca della successiva pausa del rumore inizia con il numero di linea  $e + 1$ .

Una pausa del rumore può contenere solo un inizio della pausa e una fine della pausa del rumore. Un procedimento simile a quello summenzionato deve essere eseguito investigando le linee nello spettro dalle alte alle basse frequenze.

Gli intervalli finali della pausa del rumore sono linee definite come pausa del rumore preliminare in entrambi i procedimenti di avanzamento e arretramento e sono inclusi negli intervalli finali della pausa del rumore.

## C.4.3

### Toni

I toni sono presenti all'interno delle pause del rumore. Un tono può esistere quando il livello di qualsiasi linea nella pausa del rumore è di 6 dB o più superiore ai livelli dei numeri delle linee  $s - 1$  ed  $e + 1$ .

I toni sono definiti al punto C.2.3.1. Questa definizione include toni così come bande di rumore ristrette. L'ampiezza di banda del picco rilevato nello spettro è definita come l'ampiezza di banda di 3 dB relativa alla linea massima della pausa del rumore.

Quando l'ampiezza di banda di 3 dB è minore del 10% dell'ampiezza di banda critica, tutte le linee con livelli compresi entro 6 dB dal livello massimo sono classificate come toni. La frequenza del tono è definita come la frequenza della linea con il livello massimo nella pausa del rumore.

Nota Quando questa ampiezza di banda di 3 dB è maggiore del 10% dell'ampiezza di banda critica, le linee sono considerate come né toni né rumore a banda stretta. Nessuna regolazione è indicata per questo fenomeno, salvo quando è causato da un tono a frequenza variabile, nel qual caso occorre un tempo di mediazione più breve.

I toni a frequenza variabile possono apparire come massimi ampi nello spettro della media a lungo periodo. L'ampiezza di questi massimi dipende dalla variazione di frequenza del tono e del tempo di mediazione. Quando la frequenza di un tono varia di più del 10% dell'ampiezza della banda critica durante il periodo di mediazione, il criterio del 10% dell'ampiezza di banda (vedere punto C.2.3.1) dovrebbe essere ignorato e tutte le linee all'interno del massimo ampio del tono dovrebbero essere classificate come toni oppure si dovrebbe usare un tempo di mediazione più breve.

#### C.4.4

#### Rumore di mascheramento

Tutte le linee non caratterizzate come pause del rumore sono definite come rumore di mascheramento, designate come "linee di rumore" al punto C.2.3.3.

Il livello del rumore di mascheramento all'interno di una banda critica è definito effettuando una regressione lineare del primo ordine attraverso tutte le linee definite come rumore. La gamma della regressione dovrebbe solitamente essere scelta come l'ampiezza di banda critica del  $\pm 0,75$  attorno alla frequenza centrale della banda critica.

Per gli spettri irregolari o per gli spettri con massimi tonali ampi, la gamma della regressione lineare può essere estesa a più o meno uno o due bande critiche. Questo può fornire una migliore corrispondenza della linea di regressione con la forma generale del fondo del rumore. Si raccomanda che la gamma dell'analisi di regressione sia definita dall'utente nelle implementazioni software.

Un livello di rumore,  $L_n$ , deve essere assegnato a ciascuna linea spettrale all'interno dell'effettiva banda critica come previsto dalla linea di regressione. Il livello di rumore di mascheramento totale,  $L_{pn}$ , nella banda critica è determinato come la somma delle basi energetiche dei livelli assegnati,  $L_n$ , per tutte le linee nella banda critica con la correzione per la funzione della finestra applicata. Il livello del rumore di mascheramento totale,  $L_{pn}$ , può essere determinato come indicato dall'equazione (C.11):

$$L_{pn} = 10 \lg \left( \sum 10^{\frac{L_n}{10}} \right) \text{ dB} + 10 \lg \frac{\Delta f}{B_{\text{eff}}} \text{ dB} \quad (\text{C.11})$$

dove:

$\Delta f$  è la risoluzione della frequenza, espressa in hertz;

$B_{\text{eff}}$  è la larghezza di banda di analisi effettiva, espressa in hertz.

#### C.5

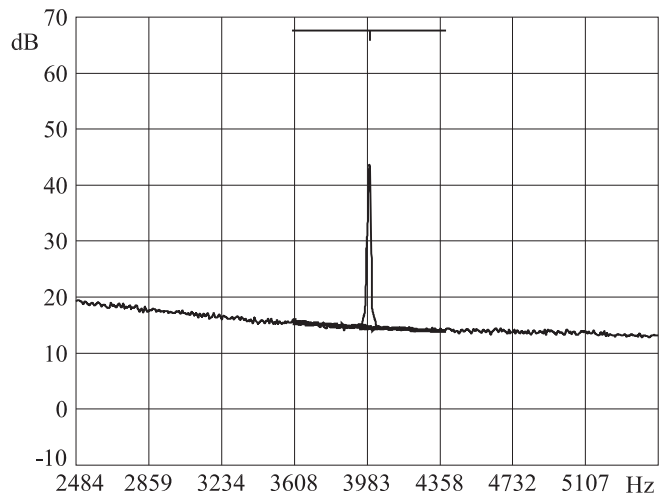
#### Esempi

Gli esempi di questo sottopunto sono stati analizzati con un procedimento automatico basato su 350 spettri e un tempo di misurazione di 2 min.

Esempio 1:

Vedere figura C.3.

- Banda critica:	da 3,6 kHz a 4,4 kHz;
- Toni, 4 kHz:	46,7 dB;
- Livello tonale, $L_{pt}$ :	46,7 dB;
- Ampiezza di banda del tono da 3 dB:	0,5% di 800 Hz;
- $L_{pn}$ in banda critica:	37,3 dB;
- Udibilità tonale, $\Delta L_{ta}$ rif. MT:	13,7 dB;
- Regolazione, $K_t$ :	6 dB.

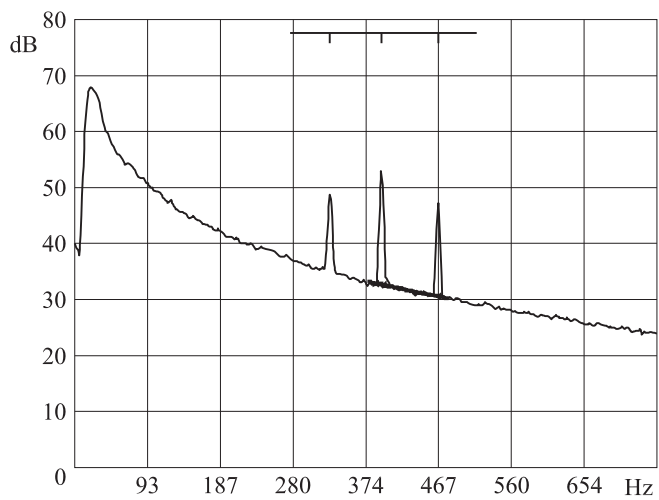


Esempio 2:

Vedere figura C.4.

- Banda critica: da 380 Hz a 480 Hz;
- Toni: 395 Hz: 53,1 dB,  
468 Hz, 47,0 dB;
- Livello tonale,  $L_{pt}$ : 54,1 dB;
- Ampiezza di banda del tono da 3 dB: 3,1% di 100 Hz;
- $L_{pn}$  in banda critica: 45,2 dB;
- Udibilità tonale,  $\Delta L_{ta}$  rif. MT: 11,1 dB;
- Regolazione,  $K_t$ : 6 dB;

Nota I due toni con le massime frequenze offrono il massimo valore di  $\Delta L_{ta}$ .

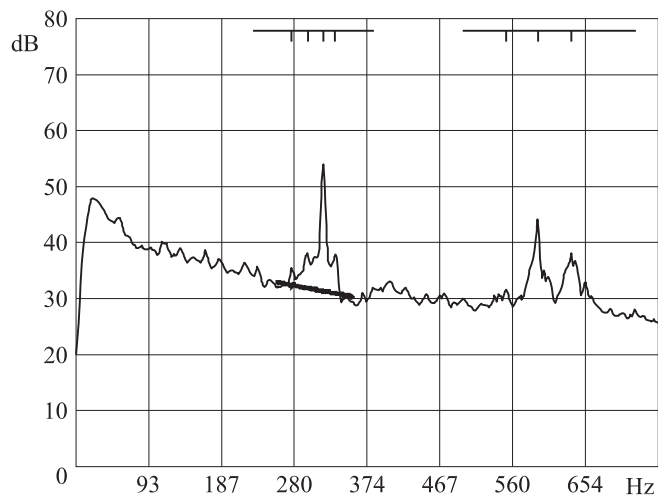


Esempio 3:

Vedere figura C.5.

- Banda critica: da 258 Hz a 358 Hz;
- Toni:
  - 278 Hz: 33,3 dB,
  - 299 Hz: 38,4 dB,
  - 319 Hz: 54,3 dB,
  - 334 Hz: 37,1 dB;
- Livello tonale,  $L_{pt}$ : 54,6 dB;
- Ampiezza di banda del tono da 3 dB: 3,4% di 100 Hz;
- $L_{pn}$  in banda critica: 45,5 dB;
- Udibilità tonale,  $\Delta L_{ta}$  rif. MT: 10,6 dB;
- Regolazione,  $K_t$ : 6,0 dB.

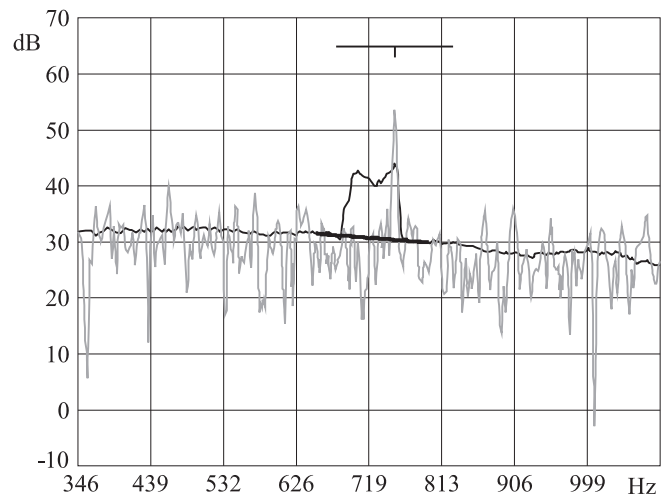
figura C.5



Esempio 4:

Vedere figura C.6.

- Banda critica: da 680 Hz a 830 Hz;
- Tono: variabile tra 680 Hz e 758 Hz;
- Livello tonale,  $L_{pt}$ : 53,6 dB;
- $L_{pn}$  in banda critica: 45,5 dB;
- Udibilità tonale,  $\Delta L_{ta}$  rif. MT: 10,7 dB;
- Regolazione,  $K_t$ : 6 dB.



Nota La figura C.6 mostra sia uno spettro mediato sia uno spettro istantaneo. Secondo i punti C.2.3.1 e C.4.2 il livello tonale può essere individuato sia per sommatoria energetica delle linee nel massimo esteso dello spettro mediato oppure mediando i livelli del tono da un numero di spettri misurato con tempo di mediazione breve, fornendo lo stesso tempo di mediazione totale.

La prova per la presenza di un componente spettrale prominente, in frequenza discreta (tono) solitamente confronta il livello temporale medio di pressione sonora in alcune bande di terzo di ottava con i livelli temporali medi di pressione sonora nelle due bande di terzo di ottava adiacenti. Perché un tono discreto prominente sia identificato come presente, si richiede che il livello temporale medio di pressione sonora nelle bande di terzo di ottava di interesse per superare i livelli temporali medi di pressione sonora mediata nel tempo di entrambe le bande di terzo di ottava adiacenti di una qualche differenza di livello costante.

La differenza di livello costante può variare con la frequenza. Le scelte possibili per le differenze di livello sono:

- 15 dB nelle bande di terzo di ottava a bassa frequenza (da 25 Hz a 125 Hz);
- 8 dB nelle bande di media frequenza (da 160 Hz a 400 Hz);
- 5 dB nelle bande di alta frequenza (da 500 Hz a 10 000 Hz).

Nota I limiti di banda nella presente appendice non sono esattamente identici a quelli del punto 8.4.11 perché quest'ultimo punto tratta con la risposta umana al suono mentre i limiti di banda della presente appendice si basano sugli effetti fisici, ovvero largamente fluttuazioni indotte dall'atmosfera in base all'influenza dell'ampiezza di banda del filtro.



**E.1 Traffico stradale**

Austria: RVS 04.02.11 Lärmschutz, March 2006.

Danimarca, Finlandia, Islanda, Norvegia, Svezia:

- Road Traffic Noise - Nordic Prediction Method, TemaNord 1996:525, ISBN 92 9120 836 1, ISSN 0908-6692.

- Nord 2000. New Nordic Prediction Method for Road Traffic Noise.

Nota Il presente documento può essere scaricato da [www.delta.dk](http://www.delta.dk) ma non è stato ancora adottato ufficialmente.

Unione Europea: Modello Harmonoise.

Nota Il presente documento può essere scaricato da [www.imagine-project.org](http://www.imagine-project.org) ma non è stato ancora adottato ufficialmente.

Francia: NMPB, 1997.

Nota Parzialmente basato sulla ISO 9613-2 e su statistiche climatiche annuali mediate su bande di ottava.

Germania: RLS-90.

Giappone: ASJ RTN-Model 2003.

Paesi Bassi: Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawai 2002, con specifica di un metodo base (Standaard Rekenmethode I) e di un metodo avanzato (Standaard Rekenmethode II)

Svizzera: StL-86. Swiss road traffic noise model, 1986.

Nota Si prevede che un nuovo metodo, SonRoad, modello svizzero del rumore da traffico stradale, 2004, sia presentato fra breve, dopo la pubblicazione della presente parte della ISO 1996.

Regno Unito: CRTN-88.

Nota Si considera un giorno di 18 h, L10, ISBN 0115508473.

USA: TNM 1998: Geometrical ray theory and diffraction theory - one-third-octave-band spectra.

---

**E.2 Traffico ferroviario**

Austria: Berechnung der Schallimmission durch Schienenverkehr, Zugverkehr, Verschub- und Umschlagbetrieb.

Danimarca, Finlandia, Islanda, Norvegia, Svezia:

- Railway Traffic Noise - Nordic Prediction Method, TemaNord 1996:524, ISBN 92 9120 837 X, ISSN 0908-6692,

- Nord 2000 Road. New Nordic Prediction Method for Rail Traffic Noise.

Nota Il presente documento può essere scaricato da [www.vejdirektoratet.dk/dokument.asp?page=document&objno=89873.org](http://www.vejdirektoratet.dk/dokument.asp?page=document&objno=89873.org) ma non è stato ancora adottato ufficialmente.

Unione Europea: Harmonoise Propagation Model.

Nota Il presente documento può essere scaricato da [www.vejdirektoratet.dk/dokument.asp?page=document&objno=89873.org](http://www.vejdirektoratet.dk/dokument.asp?page=document&objno=89873.org) ma non è stato ancora adottato ufficialmente.

Francia: NMPB-fer, norma francese S 31-133

Nota Al momento della pubblicazione della presente parte della ISO 1996 il Pr S31-133 risulta un progetto di norma.

---

Germania:	Schall 03, Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen.
Giappone:	K.Nagakura & Y. Zenda, Prediction model of wayside noise level of Shinkansen, Wave 2002, 237-244, BALKEMA PUBLISHERS.
Paesi Bassi:	Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, con specifica di un metodo base (Standaard Rekenmethode I) e di un metodo avanzato (Standaard Rekenmethode II)
Svizzera:	Schweizerisches Emissions- und Immissionsmodell für die Berechnung von Eisenbahnlärm (SEMIBEL).
Regno Unito:	Calculation of Railway Noise (CRN), ISBN 0115517545, ISBN 0115518738.

---

### E.3

#### Traffico aereo

Canada:	Transport Canada NEF 1.8.
Danimarca:	DANSIM basato sull'ECAC doc 29.
Unione Europea:	ECAC doc 29: Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports.
Svizzera:	FLULA2 , Swiss aircraft noise program.
USA:	FAA INM 6.0 per aeromobili civili ad ala fissa; FAA HNM 2.2 per gli elicotteri civili. USAF - NOISEMAP per gli aeromobili militari.

---

### E.4

#### Rumore industriale

Austria:	ÖAL-Richtlinie 28 Schallabstrahlung und Schallausbreitung, 1987.
Danimarca, Finlandia, Islanda, Norvegia, Svezia:	
-	Rumore ambientale per gli insediamenti industriali. Metodo di predizione generale.
Nota	Rumore industriale - Nordic Prediction Method analogo alla ISO 9613-2.
Germania:	VDI-Richtlinie: VDI 2714 Schallausbreitung im Freien (propagazione del suono in esterni), 1988.
Giappone:	Modello di predizione della rumorosità delle costruzioni di ASJ CN-Model 2002, Acoustical Society of Japan, 2002.
Paesi Bassi:	Handleiding Meten en rekenen industrielawaai 1999, con specifica di un metodo base (Methode I) e di un metodo avanzato (Methode II).

---

## BIBLIOGRAFIA

- [1] ISO 389-7 Acoustics - Reference zero for the calibration of audiometric equipment - Part 7: Reference threshold of hearing under free-field and diffuse-field listening conditions
- [2] ISO 6190 Acoustics - Measurement of sound pressure levels of gas turbine installations for evaluating environmental noise - Survey method
- [3] ISO 5725 (all parts) Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results
- [4] ISO 9613-1 Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere
- [5] ISO 9613-2 Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of calculation
- [6] ISO 10843 Acoustics - Methods for the description and physical measurement of single impulses or series of impulses
- [7] ISO/TS 13474 Acoustics - Impulse sound propagation for environmental noise assessment
- [8] IEC 60651:2001 Sound level meters
- [9] IEC 60804:2000 Integrating-averaging sound level meters
- [10] STOREHEIER, S. Å., Measurement of noise emission from road traffic (in Norwegian), SINTEF Report No. STF44 A78025, Trondheim, 1978
- [11] FISK, D.J., Statistical sampling in community noise measurement, J. SVib, 39 (2) (1973)
- [12] Danish Environmental Protection Agency, Guidelines for Measurements of Environmental Noise, 6/1984 (in Danish), Nov. 1984
- [13] ZWICKER, E. and FASTL, H., Psycho-acoustics - Facts and models, Springer, Jan. 1999
- [14] SØNDERGAARD, M., HOLM PEDERSEN, T. and KRAGH, J., Method for Assessing Tonality of Wind Turbine Noise, DELTA Acoustics & Vibration, Dec. 1999



---

**UNI**  
**Ente Nazionale Italiano**  
**di Unificazione**  
Via Sannio, 2  
20137 Milano, Italia

Riproduzione vietata - Legge 22 aprile 1941 N° 633 e successivi aggiornamenti.

