



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI LECCE

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
DELL'INNOVAZIONE**

PROGRAMMA P.O.P. PUGLIA 1994/99

PIANO DEL DISINQUINAMENTO ACUSTICO DELLA CITTÀ DI LECCE

Seconda fase: Campagna per i rilievi del rumore ambientale.

PROGETTO ESECUTIVO

DATA:

RESPONSABILE DEL PROGETTO:

Prof. Ing. Domenico Laforgia

COORDINATORE SCIENTIFICO:

Prof. Ing. Ettore Cirillo

Indice

PARTE PRIMA: Riferimenti normativi e definizioni

1.1 Riferimenti Normativi.

1.2 Definizioni.

1.2.1 Sorgente sonora specifica.

1.2.2 Sorgente sonora fissa.

1.2.3 Sorgenti sonore mobili.

1.2.4 Ricettore.

1.2.5 Area edificata.

1.2.6 Valori limite di emissione.

1.2.7 Valori limite di immissione.

1.2.8 Valori di attenzione.

1.2.9 Valori di qualità.

1.2.10 Tempo a lungo termine.

1.2.11 Tempo di riferimento.

1.2.12 Tempo di osservazione.

1.2.13 Tempo di misura.

1.2.14 Livelli dei valori efficaci di pressione sonora ponderata "A": L_{AS} , L_{AF} , L_{AI} .

1.2.15 Livelli dei valori massimi di pressione sonora L_{ASmax} , L_{AFmax} , $L_{AI max}$.

1.2.16 Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A".

1.2.17 Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine T_L .

1.2.18 Livello sonoro di un singolo evento.

1.2.19 Livello di rumore ambientale.

1.2.20 Livello di rumore residuo.

1.2.21 Livello differenziale di rumore.

1.2.22 Livello di emissione.

1.2.23 Fattore correttivo.

1.2.24 Livello di rumore corretto.

1.2.25 Livelli percentili.

PARTE SECONDA: procedure e criteri generali per le misure acustiche.

2.1 Criteri generali di misura.

- 2.1.1 Calibrazione del fonometro.
- 2.1.2 Condizioni generali di misura.
- 2.1.3 Condizioni di operatività.
- 2.1.4 Tempi per l'esecuzione delle misure.
- 2.1.5 Grandezze da rilevare per le infrastrutture stradali.
- 2.1.6 Grandezze da rilevare per le infrastrutture ferroviarie.
- 2.1.7 Sicurezza nelle misure.

2.2 Criteri generali per l'individuazione delle postazioni.

- 2.2.1 Criteri generali di scelta dei punti di misura.
- 2.2.2 Dati da altre campagne di misure.
- 2.2.3 Variazioni in corso d'opera.

2.3 I risultati delle misure

- 2.3.1 Il libretto delle misure.

PARTE TERZA: La stima del rumore tramite modelli matematici.

- 3.1 Le curve di isolivello.
- 3.2 La caratterizzazione delle sorgenti.

PARTE QUARTA: Presentazione dei risultati.

- 4.1 La cartografia.

ALLEGATO I

PARTE PRIMA

Riferimenti normativi e definizioni

1.1 Riferimenti normativi

- [1] D.P.C.M. 01/03/1991 “ *Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno*”, G.U. 8/03/1991 n. 57
- [2] Legge 26 ottobre 1995 n. 447 – Legge quadro sull’inquinamento acustico.
- [3] D.P.C.M 14/11/1997 “*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*”, G.U. 01/12/1998 n. 280.
- [4] Decreto 16/03/1998 “*Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico*”, G.U. 01/04/1998 n. 76.
- [5] D.P.R. 18/11/1998 n. 459 “*Regolamento recante norme di esecuzione dell’art. 11 della legge 26/10/1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario*”, G.U.
- [6] ISO 362 1998: *Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles.*
- [7] ISO 1996-1 1982: *Description and measurement of environmental noise – Part 1 Basic quantities and procedures.*
- [8] ISO 1996-2 1987: *Description and measurement of environmental noise – Part 2 Acquisition of data pertinent to land use.*
- [9] ISO 1996-3 1987: *Description and measurement of environmental noise – Part 3 Application to noise limits.*
- [10] ISO 3095 1975: *Measurement of noise emitted by railbound vehicles.*

- [11] ISO/DIS 3095: *Mesurement of noise emitted by railbound vehicles (Revision of ISO 3095 1975).*
- [12] ISO 3744 1994: *Determination of sound power level of noise sources using sound pressure Engineering methods in an essentially free field over a reflecting plane.*
- [13] ISO 5130 1982: *Measurement of noise emitted by stationary road vehicles.*
- [14] ISO 7188 1994: *Measurement of noise emittede by passengers cars under condition representative of urban driving.*
- [15] ISO 9613-1 1993: *Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1 Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.*
- [16] ISO 9613-2 1996: *Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2 General methods of calculation.*
- [17] ISO 266 1987: *Normal equal loudness level contours.*
- [18] IEC 942 1988: *Sound Calibrators – Electromagnetic and electrostatic compatibility requirements and procedures.*

1.2 Definizioni.

1.2.1 Sorgente specifica.

Sorgente sonora selettivamente identificabile che costituisce la causa del potenziale inquinamento acustico [2].

1.2.2 Sorgente sonora fissa.

Gli impianti tecnici degli edifici e le altre installazioni unite agli immobili anche in via transitoria il cui uso produca emissioni sonore; le infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali, marittime, industriali, artigianali, commerciali e agricole; i parcheggi; le aree adibite a stabilimenti di movimentazione merci; i depositi dei mezzi di trasporto di persone e merci; le aree adibite a attività sportive e ricreative [2].

1.2.3 Sorgenti sonore mobili.

Tutte le sorgenti sonore non comprese nella categoria precedente [2].

1.2.4 Ricettore

Qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza, o ad attività lavorativa o ricreativa; aree naturalistiche vincolate, parchi pubblici ed aree esterne destinate ad attività ricreative ed allo svolgimento della vita sociale della collettività; aree territoriali edificabili già individuate dai vigenti piani regolatori generali e loro varianti generali, vigenti al momento della presentazione dei progetti di massima relativi alla costruzione delle infrastrutture di cui all'art.2, comma 2, lettera b), del DPR 18/11/1998 n 459, ovvero vigenti alla data di entrata in vigore del DPR 18/11/1998 n. 459 per le infrastrutture di cui all'art.2, comma 2, lettera a) [5].

1.2.5 Area edificata

Raggruppamento continuo di edifici, anche se intervallato da strade, piazze, giardini o simili, costituito da non meno di 25 edifici adibiti ad ambiente abitativo o ad attività lavorativa o ricreativa [5].

1.2.6 Valori limite di emissione

Il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa [2].

1.2.7 Valori limite di immissione

Valore massimo di rumore che può essere emesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori.

I valori limite di immissione sono distinti in:

- Valori limite assoluti, determinati con riferimento al Livello equivalente di rumore ambientale.
- Valori limite differenziali, determinati con riferimento alla differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale e il rumore residuo [2].

1.2.8 Valori di attenzione

Il rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente [2].

1.2.9 Valori di qualità

Valori di rumore da conseguire nel breve, medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodologie di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla legge n. 447/1995 [2].

1.2.10 Tempo a lungo termine (T_L)

Rappresenta un insieme sufficientemente ampio di T_R all'interno del quale si valutano i valori di attenzione. La durata di T_L è correlata alle variazioni dei fattori che influenzano la rumorosità a lungo periodo [4].

1.2.11 Tempo di riferimento (T_R)

Rappresenta il periodo della giornata all'interno del quale si eseguono le misure. La durata della giornata è articolata in due tempi di riferimento: quello diurno compreso tra le h 6,00 e le h 22,00 e quello notturno compreso tra le h 22,00 e le h 6,00 [4].

1.2.12 Tempo di osservazione (T_O)

È un periodo di tempo compreso in T_R nel quale si verificano le condizioni di rumorosità che si intendono valutare [4].

1.2.13 Tempo di misura (T_M)

All'interno di ciascun tempo di osservazione, si individuano uno o più tempi di misura (T_M) di durata pari o minore del tempo di osservazione, in funzione delle caratteristiche di variabilità del rumore ed in modo tale che la misura sia rappresentativa del fenomeno [4].

1.2.14 Livelli dei valori efficaci di pressione sonora ponderata "A": L_{AS} , L_{AF} , L_{AI}

Esprimono i valori efficaci in media logaritmica mobile della pressione sonora ponderata "A" L_{PA} secondo le costanti di tempo "slow", "fast", "impulse" [4].

1.2.15 Livelli dei valori massimi di pressione sonora L_{ASmax} , L_{AFmax} , $L_{AI max}$

Esprimono i valori massimi della pressione sonora ponderata in curva "A" e le costanti di tempo "slow", "fast", "impulse" [4].

1.2.16 Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A"

Valore del livello di pressione sonora ponderata "A" di un suono costante che, nel corso di un periodo specificato T, ha la medesima pressione quadratica media di un suono considerato, il cui livello varia in funzione del tempo:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] dB(A)$$

dove L_{Aeq} è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo ad un intervallo di tempo T; $p_A(t)$ è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata "A" del segnale acustico in Pascal (Pa); $p_0 = 20 \mu Pa$ è la pressione sonora di riferimento [1],[4].

1.2.17 Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine T_L

Il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine (L_{Aeq,T_L}) può essere riferito:

a) al valore medio su tutto il periodo, con riferimento al livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo a tutto il tempo T_L , espresso dalla relazione :

$$L_{Aeq,T_L} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1(L_{Aeq,T_L})_i} \right] dB(A)$$

essendo N i tempi di riferimento considerati.

b) al singolo intervallo orario nei T_R . In questo caso si individua un T_M di 1 ora all'interno del T_O nel quale si svolge il fenomeno in esame. (L_{Aeq,T_L}) rappresenta il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" risultante dalla somma degli M tempi di misura T_M , espresso dalla seguente relazione:

$$L_{Aeq,T_L} = 10 \log \left[\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M 10^{0.1(L_{Aeq,T_L})_i} \right] dB(A)$$

dove i è il singolo intervallo di 1 ora nell' i-esimo T_R .

E' il livello che si confronta con i limiti di attenzione [4].

1.2.18 Livello sonoro di un singolo evento L_{AE} , (SEL)

È dato dalla formula :

$$SEL = L_{AE} = 10 \log \left[\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2}{p_0^2} dt \right] dB(A)$$

dove

$t_2 - t_1$ è un intervallo di tempo sufficientemente lungo da comprendere l'evento;

t_0 è la durata di riferimento (1s) [4].

1.2.19 Livello di rumore ambientale (L_A)

È il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti, con l'esclusione degli eventi sonori singolarmente identificabili di natura eccezionale rispetto al valore ambientale della zona. E' il livello che si confronta con i limiti massimi di esposizione:

- 1) nel caso dei limiti differenziali, è riferito a T_M
- 2) nel caso di limiti assoluti è riferito a T_R [4].

1.2.20 Livello di rumore residuo (L_R)

È il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", che si rileva quando si esclude la specifica sorgente disturbante. Deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale e non deve contenere eventi sonori atipici [4].

1.2.21 Livello differenziale di rumore (L_D)

differenza tra livello di rumore ambientale (L_A) e quello di rumore residuo (L_R) [4].

1.2.22 Livello di emissione

È il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", dovuto alla sorgente specifica. E' il livello che si confronta con i limiti di emissione [4].

1.2.23 Fattore correttivo (K_i)

È la correzione in $dB(A)$ introdotta per tener conto della presenza di rumori con componenti impulsive, tonali o di bassa frequenza il cui valore è di seguito indicato:

- per la presenza di componenti impulsive $K_I = 3 dB$
- per la presenza di componenti tonali $K_T = 3 dB$

- per la presenza di componenti in bassa frequenza $K_B = 3 \text{ dB}$

I fattori di correzione non si applicano alle infrastrutture dei trasporti [4].

1.2.24 Livello di rumore corretto (L_C) [4]

È definito dalla relazione:

$$L_c = L_A + K_I + K_T + K_B$$

1.2.25 Livelli percentili L_x

Livello istantaneo di pressione sonora o livello equivalente continuo ponderato A calcolato su un piccolo intervallo d'integrazione, che nella popolazione di valori misurati (o calcolati) viene superato l' X% delle volte.

PARTE SECONDA

Procedure e criteri generali per le misure acustiche

2.1 *Criteri generali di misura*

2.1.1 *Calibrazione del fonometro*

I fonometri devono essere calibrati prima e dopo ogni ciclo di misura, con un calibratore di classe 1, secondo la norma IEC 942:1988.

Le misure fonometriche eseguite sono da ritenersi valide se le due calibrazioni effettuate prima e dopo ogni ciclo di misura, differiscono al massimo di 0.5 dB.

Dopo ogni calibrazione verrà redatto apposito verbale controfirmato dall'operatore che esegue l'operazione, e che sarà allegato alla scheda di misura.

2.1.2 *Condizioni generali di misura*

Il microfono da campo libero deve essere orientato verso la sorgente di rumore in esame, e gli operatori dovranno porsi ad una distanza non inferiore a 3 m dal microfono stesso; nel caso in cui la sorgente non sia localizzabile o siano presenti più sorgenti deve essere usato un microfono per incidenza casuale

Nel caso di edifici con facciata a filo della sede stradale, il microfono deve essere collocato ad almeno 1 m dalla facciata stessa e la quota da terra del punto di misura deve essere pari a 4 metri.

In assenza di edifici il microfono deve essere posto in corrispondenza della posizione occupata dai ricettori sensibili, restando comunque confermate le limitazioni della distanza di 3 metri dal microfono per gli operatori e di almeno 1m dal tetto dell'abitacolo del veicolo.

Il microfono deve sempre essere munito di cuffia antivento durante le operazioni di misura.

2.1.3 *Condizioni di operatività*

Le misure devono essere eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve, la velocità del vento deve essere non superiore a 5 m/s.

Nel caso in cui si verificano tali condizioni le misure andranno sospese per tutta la durata del fenomeno.

La misura inoltre andrà sospesa qualora si registri almeno una delle seguenti condizioni meteorologiche:

- Umidità relativa maggiore del 95%
- Temperatura esterna minore di $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Temperatura esterna maggiore di 50°C

Qualora la velocità del vento risulti variabile ed oscillante attorno al valore limite ammissibile di 5 m/s la misura andrà comunque portata a termine salvo deciderne poi l'annullamento dopo l'analisi dei dati registrati.

2.1.4 *Tempi per l'esecuzione delle misure.*

Il tempo per l'esecuzione di misure eseguite per analizzare le emissioni delle infrastrutture stradali è fissato [4] in una settimana, ovvero dalle ore 06.00 di un lunedì fino alle ore 06.00 della domenica successiva.

All'interno di tale periodo (*Tempo a lungo termine*) si individuano per ogni giorno due tempi di riferimento:

- Tempo di riferimento diurno 06.00-22.00
- Tempo di riferimento notturno 22.00-06.00

All'interno dei tempi di riferimento si individuano dei tempi di misura di durata uguale ai tempi di riferimento (ovvero 16 ore per il periodo diurno e 8 ore per quello notturno) con esclusione dei periodi in cui, per ragioni meteorologiche, non sarà possibile eseguire le misure.

Per quanto riguarda il tempo per l'esecuzione di misure in prossimità di infrastrutture ferroviarie, questo è fissato in 24 ore, mentre l'analisi di sorgenti specifiche andrà stabilita caso per caso a secondo del loro periodo di funzionamento.

2.1.5 *Grandezze da rilevare per le infrastrutture stradali*

Per quanto riguarda l'analisi delle emissioni di infrastrutture stradali le grandezze che saranno rilevate per i tempi di misura fissati, in ogni periodo di riferimento sono:

- La pressione sonora
- La temperatura
- L'umidità relativa
- La pressione atmosferica
- La velocità del vento

I valori della pressione sonora, da cui ricavare il livello equivalente continuo, saranno acquisiti con i filtri di ponderazione A attivati e con costante d'integrazione strumentale Fast.

Dai valori misurati verranno successivamente ricavati in fase di post-elaborazione le seguenti grandezze:

- Il livello equivalente continuo ponderato A orario, giornaliero e settimanale;
- I valori medi orari della temperatura;
- I valori medi orari dell'umidità relativa;
- I valori medi orari della pressione atmosferica;
- I valori medi orari della velocità del vento.

Nel caso in cui ci sia la presenza di componenti impulsive, tonali o componenti spettrali in base frequenza, si procederà ad una verifica strumentale secondo le modalità di seguito riportate:

a) Rilevamento strumentale dell'impulsività dell'evento.

Ai fini del riconoscimento dell'impulsività di un evento, devono essere eseguiti i rilevamenti dei livelli L_{AImax} e L_{ASmax} per un tempo di misura adeguato, contemporaneamente al verificarsi dell'evento.

Il rumore è considerato avente componenti impulsive quando sono verificate le condizioni seguenti:

- l'evento è ripetitivo;
- la differenza tra L_{AImax} ed L_{ASmax} è superiore a 6 dB;
- la durata dell'evento a -10 dB dal valore L_{AFmax} è inferiore a 1 s.

L'evento sonoro impulsivo si considera ripetitivo quando si verifica almeno 10 volte nell'arco di un'ora nel periodo diurno ed almeno 2 volte nell'arco di un'ora nel periodo notturno.

La ripetitività deve essere dimostrata mediante registrazione grafica del livello L_{AF} effettuata durante il tempo di misura

Nel caso in cui si dimostri l'impulsività dell'evento il $L_{aq}(A)$ del tempo di riferimento considerato viene incrementato di un fattore correttivo $K_1 = 3 \text{ dB}(A)$.

b) Riconoscimento strumentale di componenti tonali di rumore.

Al fine di individuare la presenza di Componenti Tonali (CT) nel rumore, si effettua un'analisi spettrale per bande normalizzate di 1/3 di ottava. Si considerano esclusivamente le CT aventi carattere stazionario nel tempo ed in frequenza.

L'analisi verrà eseguita con filtri paralleli, ed il livello dello spettro stazionario è evidenziato dal livello minimo in ciascuna banda. Per evidenziare CT che si trovano alla frequenza di incrocio di

due filtri ad 1/3 di ottava, possono essere usati filtri con maggiore potere selettivo o frequenze di incrocio alternative.

L'analisi deve essere svolta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 20 kHz. Si è in presenza di una CT se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti per almeno 5 dB: in questo caso soltanto se la CT tocca una isofonica eguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro, si applica il fattore di correzione $K_T=3$ dB al valore del $L_{Aeq,T}$ del periodo di riferimento considerato [17].

c) Presenza di componenti spettrali in bassa frequenza.

Se l'analisi in frequenza svolta con le modalità di cui al punto precedente, rivela la presenza di CT tali da consentire l'applicazione del fattore correttivo K_T nell'intervallo di frequenze compreso fra 20 Hz e 200 Hz, si applica anche la correzione $K_B=3$ dB, [4] esclusivamente nel tempo di riferimento notturno.

Si considera la presenza di rumore a tempo parziale esclusivamente durante il tempo di riferimento relativo al periodo diurno, nel caso di persistenza del rumore stesso per un tempo totale non superiore ad un'ora. Qualora il tempo parziale sia compreso in 1 h il valore del rumore ambientale, misurato in $L_{Aeq,T}$ deve essere diminuito di 3 dB(A); qualora sia inferiore a 15 minuti il $L_{Aeq,T}$ deve essere diminuito di 5 dB(A).

2.1.6 Grandezze da rilevare per le infrastrutture ferroviarie

Per quanto riguarda l'analisi delle emissioni di infrastrutture ferroviarie saranno rilevati per un tempo di misura di 24 h:

- La pressione sonora
- La temperatura
- L'umidità relativa
- La pressione atmosferica
- La velocità del vento

I valori della pressione sonora, da cui ricavare il livello equivalente continuo, saranno acquisiti con i filtri di ponderazione A attivati e con costante d'integrazione strumentale Fast.

Dai valori misurati verranno successivamente ricavati in fase di post-elaborazione le seguenti grandezze:

- Il livello equivalente continuo ponderato A orario, giornaliero
- Il SEL per tutto il periodo di osservazione
- I valori medi orari della temperatura
- I valori medi orari dell'umidità relativa
- I valori medi orari della pressione atmosferica
- I valori medi orari della velocità del vento

Nel caso in cui ci sia la presenza di componenti impulsive, tonali o componenti spettrali in base frequenza, si procederà ad una verifica strumentale secondo le modalità di seguito riportate:

a) Rilevamento strumentale dell'impulsività dell'evento.

Ai fini del riconoscimento dell'impulsività di un evento, devono essere eseguiti i rilevamenti dei livelli L_{AImax} e L_{ASmax} per un tempo di misura adeguato, contemporaneamente al verificarsi dell'evento.

Il rumore è considerato avente componenti impulsive quando sono verificate le condizioni seguenti:

- l'evento è ripetitivo;
- la differenza tra L_{AImax} ed L_{ASmax} è superiore a 6 dB;
- la durata dell'evento a -10 dB dal valore L_{AFmax} è inferiore a 1 s.

L'evento sonoro impulsivo si considera ripetitivo quando si verifica almeno 10 volte nell'arco di un'ora nel periodo diurno ed almeno 2 volte nell'arco di un'ora nel periodo notturno.

La ripetitività deve essere dimostrata mediante registrazione grafica del livello L_{AF} effettuata durante il tempo di misura

Nel caso in cui si dimostri l'impulsività dell'evento il $Laq(A)$ del tempo di riferimento considerato viene incrementato di un fattore correttivo $K_I = 3 \text{ dB(A)}$.

b) Riconoscimento strumentale di componenti tonali di rumore.

Al fine di individuare la presenza di Componenti Tonali (CT) nel rumore, si effettua un'analisi spettrale per bande normalizzate di 1/3 di ottava. Si considerano esclusivamente le CT aventi carattere stazionario nel tempo ed in frequenza.

L'analisi verrà eseguita con filtri paralleli, ed il livello dello spettro stazionario è evidenziato dal livello minimo in ciascuna banda. Per evidenziare CT che si trovano alla frequenza di incrocio di due filtri ad 1/3 di ottava, possono essere usati filtri con maggiore potere selettivo o frequenze di incrocio alternative.

L'analisi deve essere svolta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20 Hz e 20 kHz. Si è in presenza di una CT se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti per almeno 5 dB: in questo caso soltanto se la CT tocca una isofonica eguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro, si applica il fattore di correzione $K_T=3$ dB al valore del $L_{Aeq,T}$ del periodo di riferimento considerato [17].

c) Presenza di componenti spettrali in bassa frequenza.

Se l'analisi in frequenza svolta con le modalità di cui al punto precedente, rivela la presenza di CT tali da consentire l'applicazione del fattore correttivo K_T nell'intervallo di frequenze compreso fra 20 Hz e 200 Hz, si applica anche la correzione $K_B=3$ dB [4], esclusivamente nel tempo di riferimento notturno.

Si considera la presenza di rumore a tempo parziale esclusivamente durante il tempo di riferimento relativo al periodo diurno, nel caso di persistenza del rumore stesso per un tempo totale non superiore ad un'ora. Qualora il tempo parziale sia compreso in 1 h il valore del rumore ambientale, misurato in $L_{Aeq,T}$ deve essere diminuito di 3 dB(A); qualora sia inferiore a 15 minuti il $L_{Aeq,T}$ deve essere diminuito di 5 dB(A).

2.1.7 Sicurezza nelle misure

Tutte le operazioni riguardanti le rilevazioni fonometriche dovranno essere eseguite nel rispetto delle vigenti norme in materia di sicurezza.

Prima dell'inizio della campagna di misurazioni dovrà essere redatto un opportuno piano relativo alla sicurezza.

2.2 Criteri generali per l'individuazione delle postazioni.

2.2.1 Criteri generali di scelta dei punti di misura

Stante il ristretto tempo di cui si dispone per l'esecuzione dei rilievi, potranno essere effettuate 32 misurazioni settimanali, che interesseranno esclusivamente il territorio urbano. I punti di misura non saranno individuati secondo il criterio della griglia regolare, che nella maggior parte dei casi non produce risultati soddisfacenti, bensì con il criterio sorgente-orientato e ricevitore-orientato.

29 delle 32 rilevazioni settimanali verranno eseguite in corrispondenza delle principali arterie di traffico, mentre le restanti saranno eseguite in modo tale da poter essere adoperate per l'analisi delle infrastrutture ferroviarie (con tempi di misura conformi alle prescrizioni normative), per la caratterizzazione di sorgenti particolari e per le verifiche locali delle previsioni del modello matematico di stima.

In questi casi si potranno adottare tempi di misura di 24 ore ripartendo 3 delle misure settimanali in 18 misure giornaliere opportunamente distribuite sul territorio.

Le ubicazioni delle postazioni di rilievo con i relativi tempi di misura ed una breve descrizione della loro finalità sono riportate negli appositi elaborati allegati alla presente relazione (allegato I).

Le postazioni sono state fissate a seguito di sopralluoghi preliminari, avendo acquisito tutte le informazioni che possono condizionare la scelta del metodo, dei tempi e della posizione della strumentazione [5] affinché le misure risultino rappresentative della situazione acustica per l'area analizzata.

A secondo dei casi le scelte effettuate tengono conto delle caratteristiche di direttività delle sorgenti osservate (con la costruzione delle curve qualitative di isolivello per la valutazione della geometria dei fronti d'onda) ovvero del soddisfacimento delle condizioni di operatività dei mezzi quali:

- L'accessibilità alla postazione di misura;
- La possibilità di stazionamento;
- La possibilità di installazione della messa a terra per la strumentazione;
- La possibilità di alimentazione esterna;
- L'Utilizzo della postazione per l'analisi diretta del clima acustico su ricettori di particolare importanza (scuole, ospedali etc);

Nelle schede viene anche indicata la classificazione delle condizioni del traffico (*interrupted, fluid, accelerating*) da attribuire alle strade nel del modello matematico di simulazione per la valutazione del rumore sul territorio.

In generale la condizione *interrupted* si riferisce al traffico urbano con rallentamenti o code per semafori o incroci; la condizione *accelerating* è relativa ai tronchi stradali che si trovano subito dopo i semafori o per corsie di accesso alle strade a scorrimento veloce; la *condizione fluid* riguarda le strade con traffico scorrevole;

Per la scelta della posizione ottimale dei punti di misura è opportuno tenere in considerazione la necessità di una distanza minima dei mezzi dal bordo della carreggiata; sebbene il codice di calcolo adoperato per la stima dei livelli di potenza a partire da una misure fonometriche non risente degli effetti di una distanza troppo ravvicinata alle sorgenti indagate, al fine di evitare la registrazione di eventi sonori troppo marcati rispetto a quelli tipici del rumore da traffico (ad esempio il classico ciclomotore senza marmitta che passa ad 1 metro dalla postazione di misura) è opportuno osservare una distanza di almeno 15 m dal bordo stradale, compatibilmente con le altre esigenze operative.

2.2.2 *Dati di altre campagne di misure*

Sarà compito dell'amministrazione fornire al coordinamento dei rilievi tutti i dati in suo possesso relativi ad altre campagne di rilievi acustici, del traffico, nonché tutte le informazioni sulle segnalazioni pervenute all'amministrazione in materia di inquinamento acustico.

2.2.3 *Variazioni in corso d'opera*

Le postazioni indicate sulla cartografia e nelle schede allegate, potranno subire variazioni a seguito di motivate difficoltà operative incontrate all'atto dell'esecuzione delle misure, o di eventi non rilevabili in fase progettuale che possono falsare il risultato delle misure.

2.3 *I risultati delle misure*

2.3.1 Il libretto delle misure.

I risultati di ogni misura fonometrica saranno riportati su un apposito libretto delle misure conforme alle specifiche del Decreto 16/03/1998;

Lo schema del libretto tipo viene di seguito riportato:

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI LECCE

COMUNE DI LECCE

SCHEDA DI RILEVAMENTO ACUSTICO

PARTE PRIMA: Informazioni generali

Postazione di misura N°:	
Località:	
Data inizio misura:	
Data fine misura:	
Operatori:	
Il Coordinatore:	
Il Tecnico competente:	
Il Responsabile:	

Ubicazione del punto di misura

Stralcio planimetria in scala 1:10.000

Ubicazione del punto di misura

Stralcio planimetria in scala 1:1.000

PARTE SECONDA: Condizioni meteorologiche

Direzione del vento (valori orari)

Data:								
Periodo di riferimento diurno		Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
	06.00							
	07.00							
	08.00							
	09.00							
	10.00							
	11.00							
	12.00							
	13.00							
	14.00							
	15.00							
	16.00							
	17.00							
	18.00							
	19.00							
20.00								
21.00								
22.00								
Periodo di riferimento notturno	23.00							
	24.00							
	01.00							
	02.00							
	03.00							
	04.00							
	05.00							
06.00								

Velocità del vento (valori orari) m/s

Data:								
Periodo di riferimento diurno		Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
	06.00							
	07.00							
	08.00							
	09.00							
	10.00							
	11.00							
	12.00							
	13.00							
	14.00							
	15.00							
	16.00							
	17.00							
	18.00							
	19.00							
	20.00							
21.00								
22.00								
Periodo di riferimento notturno								
	23.00							
	24.00							
	01.00							
	02.00							
	03.00							
	04.00							
	05.00							
06.00								

Pressione atmosferica (valori orari) kPa

Data:								
Periodo di riferimento diurno		Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
	06.00							
	07.00							
	08.00							
	09.00							
	10.00							
	11.00							
	12.00							
	13.00							
	14.00							
	15.00							
	16.00							
	17.00							
	18.00							
	19.00							
	20.00							
	21.00							
22.00								
Periodo di riferimento notturno								
	23.00							
	24.00							
	01.00							
	02.00							
	03.00							
	04.00							
05.00								
06.00								

Umidità relativa (valori orari) %

Data:								
Periodo di riferimento diurno		Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
	06.00							
	07.00							
	08.00							
	09.00							
	10.00							
	11.00							
	12.00							
	13.00							
	14.00							
	15.00							
	16.00							
	17.00							
	18.00							
	19.00							
	20.00							
	21.00							
22.00								
Periodo di riferimento notturno								
	23.00							
	24.00							
	01.00							
	02.00							
	03.00							
	04.00							
	05.00							
06.00								

Temperatura (valori orari) °C

Data:								
Periodo di riferimento diurno		Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
	06.00							
	07.00							
	08.00							
	09.00							
	10.00							
	11.00							
	12.00							
	13.00							
	14.00							
	15.00							
	16.00							
	17.00							
	18.00							
	19.00							
	20.00							
	21.00							
22.00								
Periodo di riferimento notturno								
	23.00							
	24.00							
	01.00							
	02.00							
	03.00							
	04.00							
	05.00							
06.00								

Periodi di pioggia

		Data:							
			Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
Periodo di riferimento diurno	Inizio:								
	Fine:								
	Inizio:								
	Fine:								
	Inizio:								
	Fine:								
	Inizio:								
	Fine:								
	Inizio:								
	Fine:								
	Inizio:								
	Fine:								
Periodo di riferimento notturno	Inizio:								
	Fine:								
	Inizio:								
	Fine:								
	Inizio:								
	Fine:								
	Inizio:								
	Fine:								
	Inizio:								
	Fine:								
	Inizio:								
	Fine:								

PARTE TERZA: Descrizione della strumentazione

		Tolleranza	Classe
Fonometro:			
Microfono:			
Preamplificatore:			
Calibratore:			

Certificazione di taratura del fonometro

Certificazione di taratura del fonometro

--

Certificazione di taratura del calibratore

--

PARTE QUARTA: Descrizione delle sorgenti di rumore

Strade				
Tipo di strada:				
Larghezza totale della carreggiata (m):				
N° delle corsie di marcia:				
N° dei sensi di marcia:				
Caratteristiche del manto stradale:	Asfaltato			
	Non asfaltato			
	Basolato			
	Cemento			
Presenza di edifici ai lati della strada e loro distanza dal bordo della carreggiata:				Distanza (m)
	Lato postazione di misura	Assenti		
		Continui		
		Discontinui		
	Lato opposto	Assenti		
		Continui		
Discontinui				
Caratteristiche del traffico:	Scorrevole			
	Rallentato			
	Presenza di code per	Incroci		
		Semafori		

Veicoli transitati:		
Tipologia	Tempo di misura	Numero

Ferrovie

N° di binari osservati	
Binario N°	Distanza della postazione di misura dall'asse delle rotaie (m)

Treno	Orario	N° binario	N° vetture	Lunghezza (m)	Velocità (km/h)

Treno	Orario	N° binario	N° vetture	Lunghezza (m)	Velocità (km/h)

Sorgenti puntuali

Descrizione della sorgente

--	--

Distanza dalla postazione di misura (m)	
Livello di potenza stimato	

PARTE QUINTA: Misure di rumore

Data:

Tipologia della sorgente osservata:	Fissa		Descrizione
	Mobile		

Tempo di riferimento				
Tempo di osservazione				
Tempi di misura:	orario			
		inizio	fine	Durata (minuti)
	Tm-1			
	Tm-2			
	Tm-3			
	Tm-4			
	Tm-5			
	Tm-6			
	Tm-7			
	Tm-8			
	Tm-9			
	Tm-10			
	Tm-11			
	Tm-12			
	Tm-13			
	Tm-14			
	Tm-15			
	Tm-16			
	Tm-17			
	Tm-18			
	Tm-19			
	Tm-20			
Tm-21				

Impostazioni strumentali:				Costante di tempo	Intervallo d'integrazione
	Grandezze rilevate	Lp			
		Lpm			
		LpM			
		Leq			
		Lpeak			
	Gamma dinamica				
	Circuito di ponderazione per Lp				
	Circuito di ponderazione per Lpeak				
	Correzione iniziale di calibrazione				
	Correzione finale di calibrazione				-
	Distanza microfono dalla sorgente (m)				

Livello equivalente continuo ponderato A dB(A)

Data:								
Periodo di riferimento diurno		Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
	06.00							
	07.00							
	08.00							
	09.00							
	10.00							
	11.00							
	12.00							
	13.00							
	14.00							
	15.00							
	16.00							
	17.00							
	18.00							
	19.00							
	20.00							
21.00								
22.00								
Livello giornaliero								
Periodo di riferimento notturno	23.00							
	24.00							
	01.00							
	02.00							
	03.00							
	04.00							
	05.00							
	06.00							
Livello giornaliero								

Percentili: L₉₀

Data:								
Periodo di riferimento diurno		Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
	06.00							
	07.00							
	08.00							
	09.00							
	10.00							
	11.00							
	12.00							
	13.00							
	14.00							
	15.00							
	16.00							
	17.00							
	18.00							
	19.00							
	20.00							
21.00								
22.00								
Periodo di riferimento notturno	23.00							
	24.00							
	01.00							
	02.00							
	03.00							
	04.00							
	05.00							
	06.00							

Percentili: L₉₅

Data:								
Periodo di riferimento diurno		Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
	06.00							
	07.00							
	08.00							
	09.00							
	10.00							
	11.00							
	12.00							
	13.00							
	14.00							
	15.00							
	16.00							
	17.00							
	18.00							
	19.00							
	20.00							
21.00								
22.00								
Periodo di riferimento notturno								
	23.00							
	24.00							
	01.00							
	02.00							
	03.00							
	04.00							
	05.00							
06.00								

Tabella riassuntiva dei risultati settimanali		
Leq(A)		
Lpeak		
Lmin		
Lmax		
Deviazione standard		
Percentili		
L90		
L95		

PARTE SESTA: Diagrammi di riferimento

Diagrammi riportati:

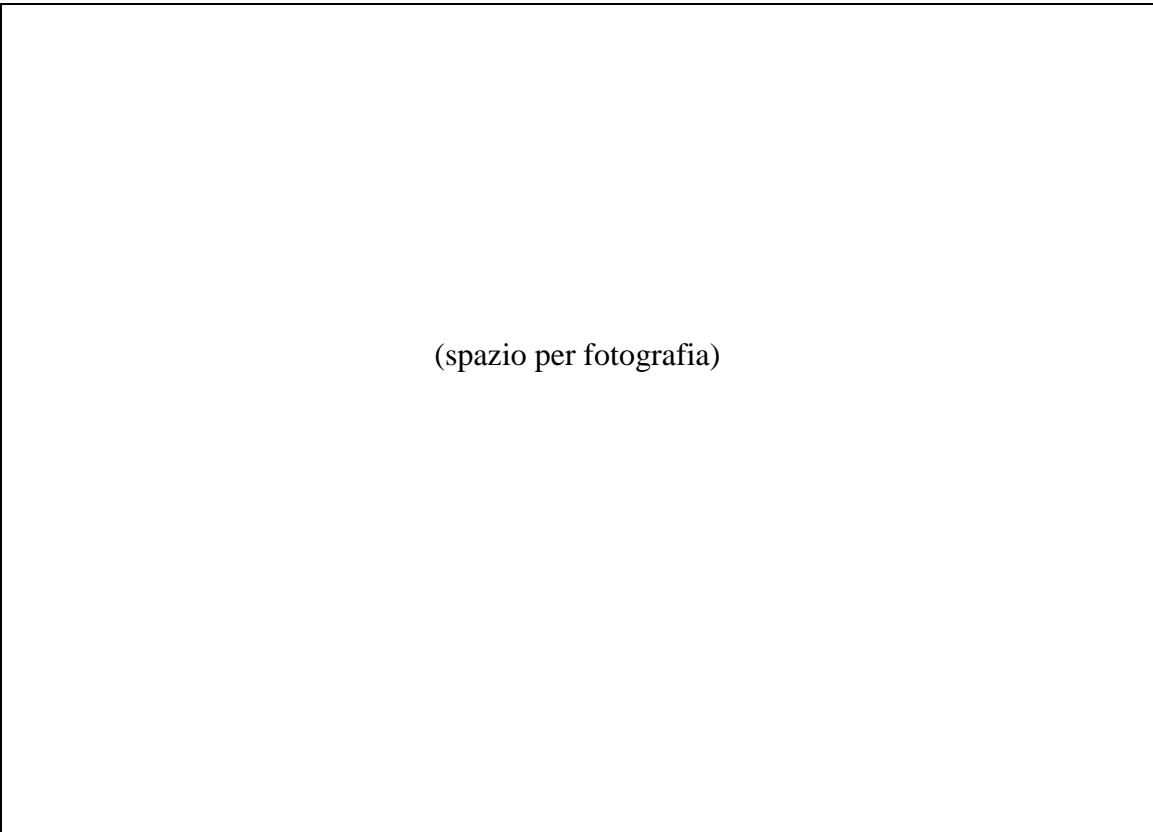
- Time history oraria di L_p con valore finale del $Leq(A)$.
- Time history giornaliera di L_p con valore finale del $Leq(A)$.
- Time history settimanale di L_p con valore finale del $Leq(A)$.
- Distribuzione di frequenza giornaliera dei valori di L_p .
- Distribuzione di frequenza settimanale dei valori di L_p .
- Distribuzione cumulativa giornaliera dei valori di L_p .
- Distribuzione cumulativa settimanale dei valori di L_p .
- Variazione incrementale $Leq(A)$ settimanale.
- Diagrammi $La_{I_{max}}$ - $La_{S_{max}}$ - $La_{F_{max}}$ (solo in caso di eventi impulsivi).
- Sonogrammi (solo in caso di componenti tonali o componenti spettrali in bassa frequenza).

(viene omessa la parte relativa ai diagrammi)

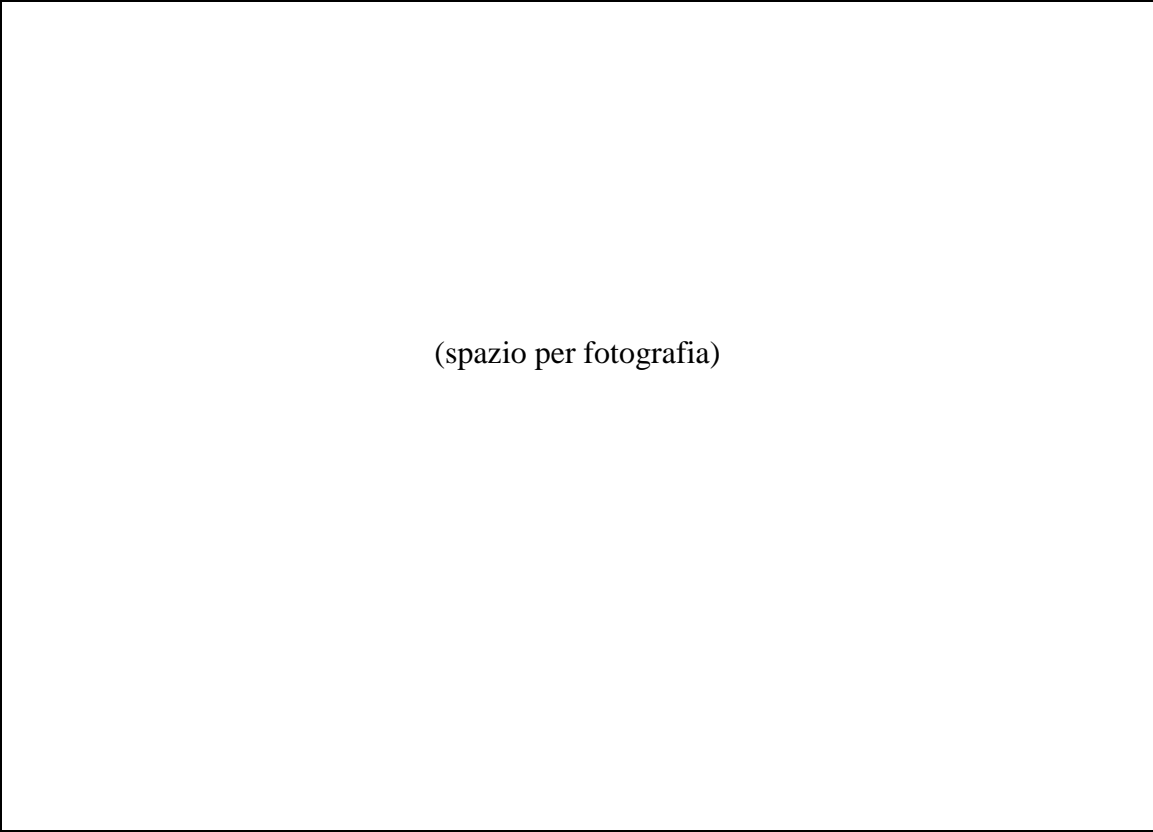
PARTE SETTIMA: Documentazione fotografica

(spazio per fotografia)

(spazio per fotografia)



(spazio per fotografia)



(spazio per fotografia)

PARTE OTTAVA: Relazione di accompagnamento

(omessa)

PARTE TERZA

La stima del rumore tramite modelli matematici

3.1 *Le curve di isolivello*

La rappresentazione del fenomeno acustico sul territorio avviene attraverso il tracciamento delle curve di isolivello del $L_{Aeq,T}$ eseguite secondo le indicazioni di legge [2], [3].

Stante l'impossibilità tecnica ed economica di eseguire una campagna di rilievi fonometrici che consenta il tracciamento delle curve di cui sopra per interpolazione di valori direttamente misurati, si procederà alla stima del $L_{Aeq,T}$, tramite gli algoritmi di calcolo suggeriti della normativa ISO [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], per un numero di punti sufficiente alla costruzione delle mappe del livello equivalente continuo sul territorio.

Il modello matematico adoperato sarà tarato con le misure fonometriche eseguite limitatamente ai casi delle sorgenti direttamente investigate, mentre nei restanti casi potranno essere utilizzati i risultati di altre campagne di misure fonometriche ed i dati del piano urbano del traffico.

Gli algoritmi di calcolo terranno conto dei percorsi acustici esistenti fra sorgenti e ricettori in un ambito urbano complesso, considerando i fenomeni di attenuazione, riflessione e di rifrazione dei raggi sonori sugli edifici nelle diverse bande di frequenza.

3.2 *La caratterizzazione delle sorgenti*

Ogni sorgente sonora investigata verrà caratterizzata tramite un livello di potenza il cui valore sarà riportato su apposita cartografia.

PARTE QUARTA

Presentazione dei risultati

4.1 La cartografia

I risultati delle indagini fonometriche e l'individuazione e la caratterizzazione acustica delle sorgenti sul territorio verranno riportati su apposita cartografia, in scala 1:5000, composta da 4 tavole in formato identico a quello utilizzato nella zonizzazione per il territorio urbano.

Verranno fornite le seguenti copie per ognuna delle 4 tavole:

- N. 1 copia a colori su supporto cartaceo
- N. 1 copia in bianco e nero su carta lucida
- N. 3 eliocopie in bianco e nero

Analogamente le curve di isolivello per il $L_{Aeq,T}$ verranno riportate su una cartografia in scala 1:5000 composta da 4 tavole in formato identico a quello utilizzato nella zonizzazione per il territorio urbano.

Anche per queste tavole verranno fornite le seguenti copie:

- N. 1 copia a colori su supporto cartaceo
- N. 1 copia in bianco e nero su carta lucida
- N. 3 eliocopie in bianco e nero

I risultati numerici delle misure fonometriche, e tutta la cartografia prodotta in formato digitale verranno integralmente forniti in copia unica.