



CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA
DIREZIONE AMBIENTE - SERVIZIO TUTELA AMBIENTALE

DATI APERTI FONOMETRICI

*INFORMAZIONI TECNICHE A CORREDO
DEI DATI FONOMETRICI*

Revisione 23.01.2020

Sommario

Scopo del presente documento.....	3
Norme di riferimento.....	3
Definizioni principali.....	3
Tecniche fonometriche utilizzate.....	5
Misure fonometriche su tempo di misura breve.....	5
Misure fonometriche su tempo lungo.....	6
Significato dei dati presenti nei record.....	7
La quantità “livello continuo equivalente”.....	7
L’incertezza dei dati.....	9

Questo documento è distribuito con licenza CC BY 3.0 (Attribuzione) italiana.

Per il testo legale della licenza: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/it/legalcode>

Scopo del presente documento

Il presente documento corredo gli OPEN DATA fonometrici con informazioni sintetiche metodologiche, che possono coadiuvare la corretta interpretazione tecnica dei dati pubblicati.

Le informazioni riguardano:

- a) individuazione delle norme legislative e tecniche di riferimento,
- b) definizioni delle grandezze e dei concetti principali,
- c) descrizione delle tecniche fonometriche utilizzate,
- d) significato fisico dei dati presenti nei record,
- e) incertezza strumentale dei dati di livello continuo equivalente,
- f) incertezza sul posizionamento del punto di misura.

Norme di riferimento

Si riporta l'elenco delle principali norme di interesse in relazione ai dati fonometrici pubblicati come dati aperti dalla Città Metropolitana di Genova.

Riferimenti di legge

- L. 447/1995 “*Legge quadro sull'inquinamento acustico*”
- D. Lgs 194/2005 “*Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale*”
- D. Lgs 42/2017 “*Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere a), b), c), d), e), f) e h) della legge 30 ottobre 2014, n. 161.*”
- D.P.C.M. 14.11.1997 “*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*”
- D.M. 16.03.1998 “*Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico*”

Norme tecniche e linee guida

- UNI 10855:1999 “*Acustica - Misura e valutazione del contributo acustico di singole sorgenti*”
- UNI CEI ENV 13005:2000 “*Guida all'espressione dell'incertezza di misura*”
- UNI/TR 11326:2009 “*Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica. Parte 1: Concetti generali*”

Definizioni principali

Si forniscono le definizioni riguardanti alcuni dei concetti ricorrenti nel presente testo e/o negli OPEN DATA fonometrici pubblicati da Città Metropolitana di Genova. Per le definizioni non presenti nel presente paragrafo si rimanda alla normativa di riferimento sopra elencata.

Livello continuo equivalente (Leq): principale indicatore della rumorosità ambientale. Il valore del Leq, misurato in un dato intervallo di tempo, rappresenta il livello che avrebbe un rumore costante avente lo stesso contenuto in energia sonora dell'effettivo rumore misurato nel medesimo intervallo di tempo. Il rumore effettivamente misurato, infatti, è una grandezza generalmente variabile e dunque non costante. In termini matematici:

$$Leq = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

Livello continuo equivalente diurno (LeqD): livello equivalente sul periodo 6 ÷ 22. Qualora sia stato acquisito a partire da acquisizioni orarie, LeqD risulta determinato nel modo seguente:

$$\text{LeqD} = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{16} \left(10^{0,1 \cdot \text{Leq}_6} + \dots + 10^{0,1 \cdot \text{Leq}_{21}} \right) \right]$$

Livello continuo equivalente notturno (LeqN): livello equivalente sul periodo 22 ÷ 6. Qualora sia stato acquisito a partire da acquisizioni orarie, LeqN risulta determinato nel modo seguente:

$$\text{LeqN} = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{8} \left(10^{0,1 \cdot \text{Leq}_{22}} + \dots + 10^{0,1 \cdot \text{Leq}_5} \right) \right]$$

Livello continuo equivalente, diurno o notturno, medio logaritmico: i valori <LeqD> e <LeqN> medi logaritmici, su un periodo di N giorni, si esprimono in funzione dei valori giornalieri LeqD_k e LeqN_k, del giorno k-esimo, come:

$$\langle \text{LeqD} \rangle = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{0,1 \cdot \text{LeqD}_k} \right]$$

$$\langle \text{LeqN} \rangle = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{0,1 \cdot \text{LeqN}_k} \right]$$

Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A e relativo al tempo di lungo termine: può essere stimato per campionamento in diverse fasce orarie giornaliere oppure per mezzo di un monitoraggio fisso in giorni rappresentativi o di lungo periodo.

Lden¹: livello composto dei Leq su tre periodi: diurno (day) 6 ÷ 20, serale (evening) 20 ÷ 22 e notturno (night) 22 ÷ 6 (nella determinazione dei livelli viene escluso l'eventuale contributo di riflessione dalla facciata dell'edificio). È così definito:

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

Livello percentile (Ln): il valore di un generico livello percentile Ln corrisponde al livello di rumore che, in quel dato tempo di misura, è superato per lo n% del tempo di misura stesso².

Multispettro: è un insieme di misure spettrali consecutive. Consiste nel rilievo (generalmente in automatico) di numerosi spettri sonori consecutivi di Leq e/o di livelli percentili Ln. Il risultato della misura viene solitamente rappresentato in forma di sonogramma.

Tempo di riferimento: la normativa italiana in materia di inquinamento acustico divide la durata della giornata in due tempi di riferimento: tempo di riferimento Diurno compreso tra le 6 e le 22 e tempo di riferimento Notturno compreso tra le 22 e le 6.

¹ Indicatore introdotto dalla normativa comunitaria recepita con il D. Lgs 194/2005.

² Per esempio un livello L10, rilevato in una misura oraria, pari a 70 dBA significa che, in quel dato punto, il valore di 70 dBA è stato superato per il 10% del tempo di misura, ovvero per 6 minuti sono stati rilevati livelli "istantanei" superiori a 70 dBA e per i rimanenti 54 minuti livelli inferiori a 70 dBA.

Tecniche fonometriche utilizzate

Si riportano alcune informazioni metodologiche sulla conduzione dei rilievi che hanno prodotto i livelli di rumore pubblicati come OPEN DATA dalla Città Metropolitana di Genova.

La principale linea guida di riferimento per l'esecuzione dei rilievi in questione è il D.M. 16.03.1998 oppure, antecedentemente a esso, il D.P.C.M. 31.03.1991.

Misure fonometriche su tempo di misura breve

Tutte le misure su tempo breve (pari o inferiore a 1 ora) sono state eseguite in modo assistito, cioè con il tecnico fonometrista presente dall'inizio al termine del rilievo.

Posizionamento dello strumento e condizioni di misura

Il microfono è stato posizionato su cavalletto, orientato verso la sorgente di rumore prevalente (se individuabile), collocato alla distanza di almeno 1 m da eventuali superfici riflettenti (in primo luogo le facciate degli edifici). In genere il microfono è stato posizionato a una altezza pari a ~ 1,5 m da terra o più in generale dalla superficie del sito di misura.

Le misurazioni sono state eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche, in condizioni di calma di vento o comunque con velocità del vento stimate inferiori a 5 m/s.

Grandezze misurate

La grandezza fonometrica che è sempre stata misurata è il livello L_{eq} ponderato A (dBA), a banda larga (20 Hz ÷ 20 kHz) e sull'intero tempo di misura.

Si tratta della quantità acustica pubblicata nei dati aperti (OPEN DATA).

In molti casi sono state rilevate ulteriori quantità, come di seguito specificato.

In occasione di parte delle misure su tempo breve eseguite nel periodo 1996 ÷ 2008 sono stati acquisiti i valori delle seguenti grandezze acustiche:

- a) L_{eq} ponderato A (dBA) a banda larga (20 Hz ÷ 20 kHz) e sull'intero tempo di misura,
- b) livelli minimi, massimi e percentili L_n (in genere: L1, L5, L10, L50, L90, L95, L99) ponderati A e a banda larga (dBA) sull'intero tempo di misura.

Nel caso della maggior parte delle misure su tempo breve eseguite a partire dal 2009 sono stati acquisiti:

- a) L_{eq} ponderato A (dBA) a banda larga (20 Hz ÷ 20 kHz) e sull'intero tempo di misura,
- b) livelli minimi, massimi e percentili L_n (in genere: L1, L5, L10, L50, L90, L95, L99) ponderati A e a banda larga (dBA) sull'intero tempo di misura,
- c) spettro sonoro in banda di 1/3 d'ottava del L_{eq} in ponderazione lineare (dB) sull'intero tempo di misura,
- d) evoluzione temporale di L_{eq} ponderato A (dBA) e banda larga su 0,125 s o su 1s,
- e) multispettro in bande 1/3 d'ottava e ponderazione lineare (dB) di L_{eq} su 1 s o su tempi maggiori.

Si informa che, su esplicita richiesta, quando disponibili possono essere forniti anche i valori misurati delle ulteriori grandezze di cui ai punti (b) ÷ (e), oltre ai valori di L_{eq} di cui al punto (a) già pubblicati come dati aperti.

Calibrazione

In occasione di ogni sessione di misura è stata eseguita la calibrazione strumentale.

Tempo di misura

Il tempo di misura è in genere inferiore o pari a 1 ora. La maggior parte dei rilievi è stata eseguita su un tempo di misura dell'ordine di circa 15 minuti.

Misure fonometriche su tempo lungo

Tutte le misure in continuo su tempo lungo (24 ore o plurigiornaliere, plurisettimanali, plurimensili, annuali) sono state eseguite in modo automatico e in continuo³.

Posizionamento dello strumento

A seconda dei casi lo strumento è stato alternativamente alloggiato:

- all'interno di cabine di monitoraggio fisse o di mezzi mobili;
- all'interno di box rilocabili, in genere installati temporaneamente su balconi o terrazzi.

Grandezze misurate

Le grandezze fonometriche oggetto di misura nella grande maggioranza dei casi sono state:

- a) livello continuo equivalente (Leq) su base oraria, ponderato A e a banda larga (dBA);
- b) livelli percentili Ln (in genere: L1, L5, L10, L50, L90, L95 e L99) su base oraria e ponderati A e a banda larga (dBA).

In alcuni casi sono stati misurati anche:

- c) livello continuo equivalente (Leq) su base oraria o inferiore, in ponderazione lineare (dB) e in banda 1/3 d'ottava;
- d) livelli percentili Ln (in genere: L1, L5, L10, L50, L90, L95 e L99) su base oraria o inferiore, in ponderazione lineare (dB) e in banda 1/3 d'ottava.

Calibrazione

In occasione di ogni monitoraggio è sempre stata eseguita la calibrazione strumentale, con successive verifiche nel tempo.

Tempo di monitoraggio e tempo di singola acquisizione

Le misure in continuo si sono estese su un periodo maggiore o uguale a 24 ore, in molti casi una settimana e in alcuni casi il monitoraggio è stato plurisettimanale o annuale.

Il tempo di misura di ogni singola acquisizione è stato, nella maggior parte dei monitoraggi, pari a 1 ora (in qualche caso e per periodi limitati sono stati acquisiti dati su tempi inferiori).

Elaborazione delle quantità misurate

I singoli Leq orari acquisiti nelle diverse giornate di monitoraggio sono stati oggetto di elaborazione, onde ottenere la valutazione quantitativa dei livelli equivalenti per il periodo diurno LeqD (06 ÷ 22) e notturno LeqN (22 ÷ 06) giornalieri e, quando possibile, medi logaritmici settimanali e di lungo periodo.

I valori pubblicati come OPEN DATA sono riferiti alle grandezze LeqD e LeqN giornaliere (per monitoraggi su 24 ore) o medie logaritmiche (nel caso di monitoraggi plurisettimanali o annuali la media è sul lungo periodo).

Si informa che, su esplicita richiesta, quando disponibili possono essere forniti anche i singoli valori Leq e Ln acquisiti in continuo, oltre ai valori di LeqD e LeqN medi logaritmici già pubblicati come dati aperti.

³ Un monitoraggio in continuo è costituito da una serie di singole acquisizioni, in genere tutte sullo stesso tempo di misura "base", consecutive e indipendenti.

Significato dei dati presenti nei record

La quantità “livello continuo equivalente”

Leq e energia sonora

Il livello continuo equivalente è definito come il livello che avrebbe un rumore costante avente lo stesso contenuto in energia sonora dell'effettivo rumore misurato nel medesimo intervallo di tempo.

Si tratta, quindi, di una grandezza che, benché espressa in termini adimensionali (decibel), è strettamente connessa a una quantità fisicamente rilevante: l'energia sonora rilevabile nel punto di misura.

Rappresentatività temporale

Le scelte operate nella progettazione e nella conduzione delle campagne di misura, all'origine dei dati aperti fonometrici pubblicati, hanno comportato che tutti i valori di Leq, su tempo breve e in orario diurno feriale, forniscano una stima della grandezza LeqD (livello equivalente sul periodo diurno, ore 6 ÷ 22) per quel giorno di misura.

Questa stima è in genere tanto migliore quanto più il sito è prossimo a strade con traffico veicolare medio o alto.

Gli OPEN DATA pubblicati derivanti da monitoraggi in continuo forniscono i valori di LeqD e di LeqN misurati, che possono essere considerati quali stime dei rispettivi livelli di lungo termine.

La stima di lungo termine è in genere tanto migliore quanto più il tempo di monitoraggio si avvicina a coprire il periodo annuale o risulta comunque rappresentativo della situazione acustica “media”.

Validità temporale

Gli OPEN DATA pubblicati coprono, nel loro complesso, un ampio intervallo temporale che va dall'anno 1996 a oggi.

In linea generale, i valori di livello sonoro possono essere considerati pienamente validi per l'anno nel quale sono stati misurati.

D'altra parte, l'esperienza ha ampiamente dimostrato (tramite rilievi fonometrici a distanza di tempo negli stessi punti o in punti vicini) che in assenza di mutamenti significativi territoriali e/o delle attività antropiche (ivi compreso, in primo luogo, il traffico veicolare) e/o delle caratteristiche emissive delle sorgenti di rumore (inclusi eventuali interventi di risanamento acustico, anche sulla via di propagazione), il dato fonometrico può essere considerato ancora rappresentativo dell'effettivo livello sonoro anche a distanza di svariati anni.

Rappresentatività spaziale

I dati fonometrici pubblicati sono stati rilevati, di fatto, in quattro tipi di realtà territoriali alternative:

- zone urbanizzate,
- frazioni di campagna,
- zone rurali,
- prossimità a importanti infrastrutture stradali, sia urbane sia extraurbane.

Data la morfologia dei luoghi in genere complessa, per edificazione e/o natura orografica, la rappresentatività spaziale dei punti di misura risulta spesso limitata a un intorno del punto di alcune decine di metri o al più di alcune centinaia di metri.

In presenza di sorgenti sonore rilevanti prossime al punto di misura le distanze suddette possono fortemente ridursi, anche in modo anisotropo.

D'altra parte, è invece possibile in diversi casi generalizzare, previa verifica della sussistenza dei presupposti geografici e acustici, quanto rilevato in un dato punto di misura ad altre situazioni con un contesto analogo.

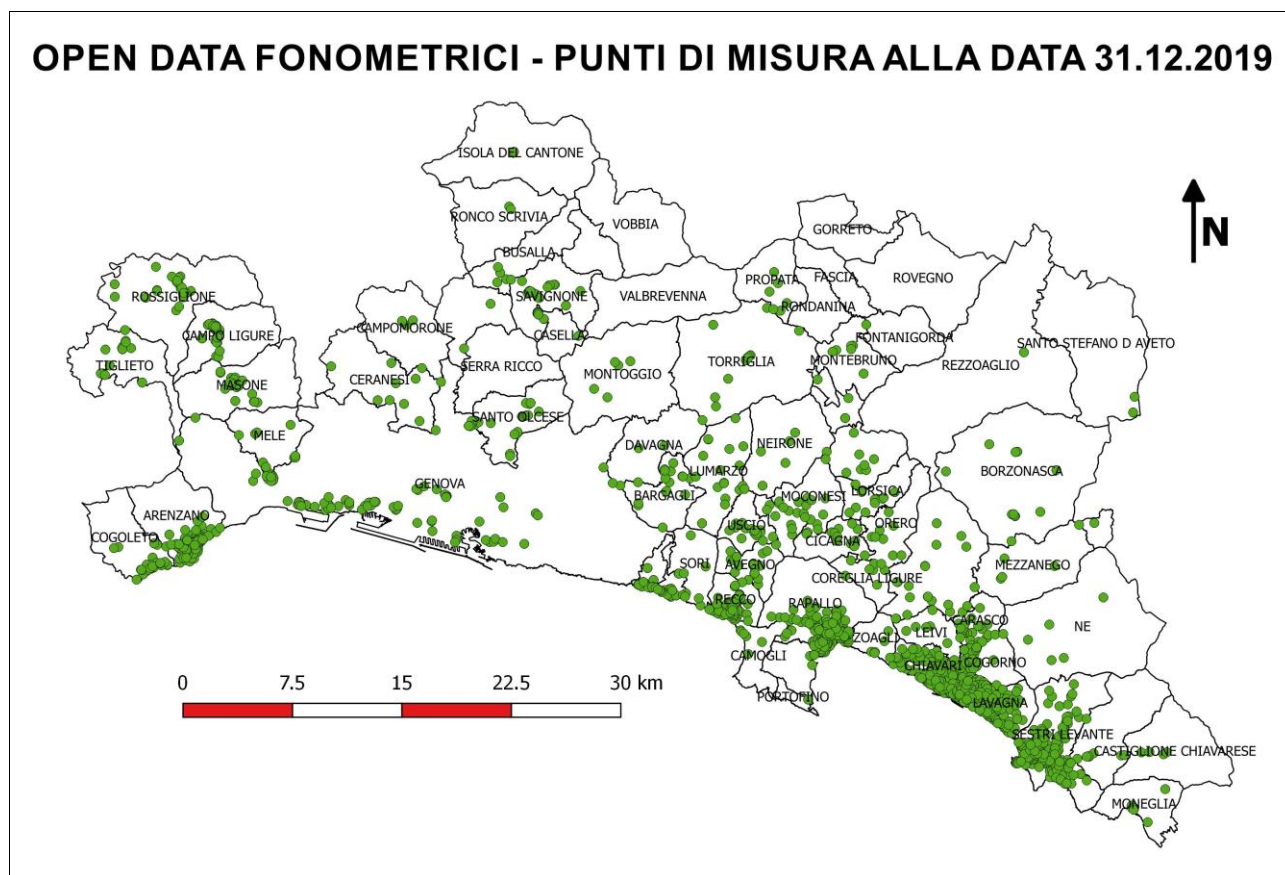
Copertura spaziale

Alla data del 31.12.2019 gli OPEN DATA pubblicati contengono n. 1636 valori di Leq su tempo breve e n. 110 valori di LeqD (e altrettanti di LeqN), per un totale di n. 1746 punti di misura.

Assumendo come unità geografica di base il territorio comunale, si verifica facilmente che alla data suddetta la copertura spaziale dei dati fonometrici non è omogenea, sia come numero sia come tipo, fra i diversi territori comunali facenti parte della Città Metropolitana di Genova.

I dati pubblicati, infatti, derivano da campagne di misura indipendenti ed eseguite in un ampio arco temporale, durante il quale sono state adottate diverse procedure operative per l'individuazione del numero e della distribuzione dei punti di misura all'interno dei territori comunali interessati. Questo anche in relazione agli obiettivi specifici delle singole campagne.

La figura seguente riporta la distribuzione spaziale, all'interno del territorio della Città Metropolitana di Genova divisa nelle diverse circoscrizioni comunali, dei dati aperti fonometrici come risulta alla data del 31.12.2019.



L'incertezza dei dati

Ogni dato misurato, quindi anche il valore di Leq e i valori delle coordinate dei punti di misura, non è mai "esatto": un parametro idoneo a quantificare la dispersione ragionevolmente attesa dei possibili valori attribuibili alla grandezza misurata è l'*incertezza*, come definita in termini generali dalla norma tecnica UNI CEI ENV 13005:2000.

Gli OPEN DATA fonometrici includono la valutazione dell'incertezza per due quantità: i livelli acustici (in primo luogo come incertezza strumentale) e le coordinate dei punti di misura (incertezza del posizionamento cartografico rispetto al sito effettivo di misura).

Incertezza dei dati di Leq (dBA)

Nei dati pubblicati (OPEN DATA) il valore dell'incertezza sul livello acustico è presente per tutti i livelli Leq (su tempo breve), LeqD e LeqN ed è stato determinato nel modo seguente:

- per i livelli misurati a partire dall'anno 2009, seguendo le procedure definite dalla norma tecnica UNI/TR 11326:2009 per l'incertezza strumentale e per l'incertezza composta;
- per i livelli rilevati dall'anno 1996 all'anno 2008, salvo eccezioni, il valore di incertezza è stato stimato in base a considerazioni di tipo generale e a posteriori, basate sulle norme UNI/TR 11326:2009 e UNI CEI ENV 13005:2000.

Valutazione dell'incertezza per i livelli sonori rilevati a partire dall'anno 2009

Il valore di incertezza riportato:

- ✓ è associato al livello Leq su tempo breve (o LeqD o LeqN) a banda larga (20 Hz ÷ 20 kHz) e ponderato A (dBA);
- ✓ le componenti considerate attengono esclusivamente alle componenti strumentali (fonometro e calibratore) e, solo per i dati LeqD e LeqN medi logaritmici, all'operazione di media logaritmica eseguita sui dati giornalieri acquisiti con il monitoraggio;
- ✓ è stato stimato in accordo con le procedure descritte nelle norme UNI/TR 11326:2009 e UNI CEI ENV 13005:2000;
- ✓ è un valore di incertezza estesa con fattore di copertura pari a 2, ritenuto corrispondente a un livello di fiducia intorno al 95%.

L'incertezza strumentale considerata si compone dei contributi dovuti al calibratore e al fonometro, valutati primariamente sulla base dei valori riportati nei certificati di taratura e composti secondo quanto riportato nella norma tecnica sopra citata.

Per stimare l'incertezza sui valori di LeqD e LeqN medi logaritmici si è proceduto in modo semplificato, applicando l'equazione di propagazione dell'incertezza all'operazione di media logaritmica, nell'ipotesi di livelli giornalieri non correlati e per ognuno dei quali è stata considerata unicamente l'incertezza strumentale. Si ritiene che la suddetta approssimazione possa comportare, a causa della inevitabile correlazione fra le singole acquisizioni in continuo, una leggera sottostima delle incertezze sulla media finale.

Stima dell'incertezza per i livelli sonori rilevati dall'anno 1996 all'anno 2008

L'incertezza strumentale, associata a tutti i valori di Leq su tempo breve e di LeqD e LeqN giornalieri, è stata stimata sulla base di valori di letteratura per fonometri di classe I.

Per stimare l'incertezza sui valori di LeqD e LeqN medi logaritmici (plurigiornalieri) si è ipotizzato un valore uguale per tutti i casi, salvo eccezioni, e identico per i due periodi diurno e notturno.

La stima dipende dalla incertezza strumentale di cui al punto precedente (associato a ogni valore giornaliero) e da un fattore moltiplicativo che approssima una situazione di scarsa variabilità dei livelli da giorno a giorno e con andamento asintotico sul lungo periodo.

Le stime dell'incertezza eseguite per i dati fonometrici anteriori all'anno 2009 possono essere considerate cautelative rispetto a quanto valutato per i dati dal 2009 in avanti.

Riepilogo dei valori di incertezza per i livelli sonori

I valori di incertezza estesa per Leq su tempo breve, LeqD e LeqN riportati negli OPEN DATA, corrispondenti a un livello di fiducia stimato intorno al 95%, sono, salvo eccezioni, i seguenti:

- ✓ valori di Leq su tempo breve prima del 2009: incertezza estesa pari a 1,2 dBA;
- ✓ valori di Leq su tempo breve dal 2009: incertezza estesa pari a 0,9 dBA;
- ✓ valori di LeqD e LeqN prima del 2009: incertezza estesa compresa fra circa 0,1 ÷ 1,2 dBA;
- ✓ valori di LeqD e LeqN dal 2009: incertezza estesa compresa fra circa 0,1 ÷ 0,8 dBA.

Incerteza sul posizionamento cartografico dei punti di misura

La procedura operativa con la quale sono state determinate le coordinate dei punti di misura è consistita, a seconda dei casi, in una delle seguenti alternative:

- α) ricostruzione in ufficio, tramite software GIS, dell'ubicazione della postazione di misura precedentemente segnata in campo su stralcio cartografico CTR (Carta Tecnica Regionale) o comunque annotata;
- β) determinazione in ufficio, tramite riga e squadra, dell'ubicazione della postazione di misura precedentemente segnata in campo sulla cartografia CTR in scala 1:5.000.

A seconda della procedura adottata si sono verificate approssimazioni sul posizionamento dei punti di misura anche molto differenti.

Nei dati pubblicati (OPEN DATA) è riportata la stima dell'incertezza sul posizionamento cartografico dei punti di misura. Questo valore di incertezza:

- ✓ è associato alle coordinate (x, y) del punto di misura, è assunto identico per ognuna delle due coordinate ed è espresso in metri;
- ✓ le componenti considerate attengono al metodo adottato per la quantificazione delle coordinate (punto α o punto β) e al procedimento effettivamente realizzato;
- ✓ è stato stimato utilizzando il metodo B descritto nella norma UNI CEI ENV 13005:2000;
- ✓ è un valore di incertezza estesa, ritenuto corrispondente a un livello di fiducia stimato intorno al 95%.

L'incertezza sul posizionamento è stata stimata tramite verifica in ambiente GIS del posizionamento dei punti misura, utilizzando il sistema di riferimento Roma 40 Gauss Boaga Ovest (EPSG 3003), nativo per i dati considerati e nel quale le coordinate sono espresse in metri.

Lo scostamento fra rappresentazione vettoriale del punto di misura e posizione del fonometro in campo è stato valutato differenzialmente per gli insiemi di misure corrispondenti a differenti metodi operativi per la determinazione delle coordinate.

I valori stimati dell'incertezza estesa, ritenuti corrispondenti a un livello di fiducia intorno al 95%, sono i seguenti (valori validi per ognuna delle due coordinate):

- ✓ misure eseguite a partire dal 2009: incertezza estesa pari a ~ 5 m;
- ✓ misure in continuo dal 1996 al 2008: incertezza estesa pari a ~ 10 m;
- ✓ misure su tempo breve dal 1996 al 2008: a seconda dei casi il valore della incertezza estesa è pari a ~ 10 m oppure a ~ 20 m oppure a ~ 40 m.

I valori di incertezza estesa sono riportati nei record dei dati aperti pubblicati, distintamente per ogni punto di misura.