Valutazione di impatto acustico

ai sensi dell'art della Legge 447 del 26/10/1995 e dell'art 2 lettera G della LR n. 12 del 20/03/1998
redatta secondo i criteri della DGR n. 534 del 28/12/1999

Centrale elettrica in
PONTI DI PORNASSIO
derivazione del Rio S. Lucia affluente del torrente Arroscia
nel Comune di PORNASSIO (IM)

Dott. Ing. Alessandro BARLA
Ordine Ingegneri di Imperia n.664
Tecnico in acustica ambientale Liguria n. 198
cell. 391 1098505 329 7504198
email: acusticaimperia@gmail.com
PEC: alessandro.barla@ingpec.eu



GENERALITA'

Il sottoscritto Dott. Ing. Alessandro BARLA, iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Imperia al n.664 ed iscritto nell'elenco dei Tecnici Competenti in Acustica Ambientale della Regione Liguria (ai sensi dell'art. 2 comma 7 della Legge n. 447 del 26/10/1995) con determina Dirigenziale Regione LIGURIA n.11 del 13/01/2003, è stato incaricato alla redazione della presente valutazione previsionale d'impatto acustico ambientale relativamente al progetto di una centralina elettrica sul torrente Arroscia nel Comune di Pornassio (IM).

1. INDIRIZZO CANTIERE, ZONIZZAZIONE ACUSTICA DEL SITO.

Ubicazione attività: via Provinciale 3 s.n.c. in frazione Ponti di Pornassio nel Comune di Pornassio (IM)

La centralina elettrica è costituita da un fabbricato posto in sponda destra del torrente Arroscia su cui si andrà a riversare, attraverso una condotta forzata, l'acqua prelevata da una derivazione del rio S. Lucia che, con adeguata prevalenza, sarà in grado di azionare un gruppo turbina-generatore posto all'interno del fabbricato stesso, attualmente da ristrutturare.

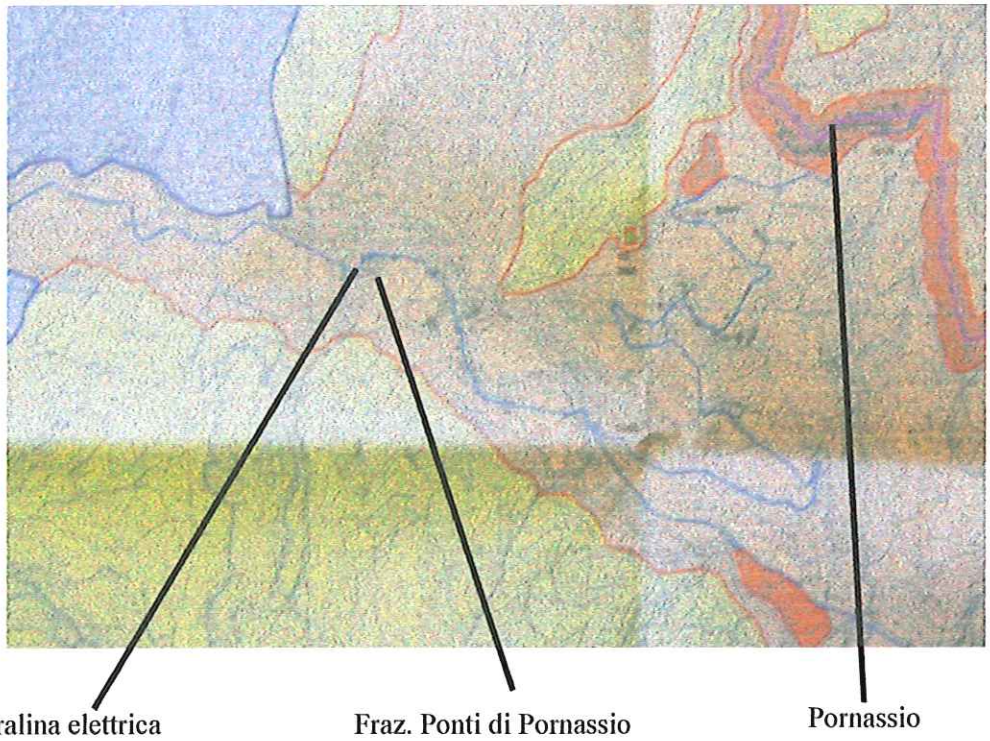
Dalla ripresa aerea si individua il sito in questione.



Nell'immagine di dettaglio sotto riportata è visibile il recettore più vicino all'impianto indicato come recettore 1.



Rispetto al Piano di Zonizzazione Acustica del Comune di Pornassio il sito si colloca in un'area in classe III.



Nella zona in classe III i valori limite di EMISSIONE sono:

Diurno 55 dBA Notturno 45 dBA

e quelli limite di IMMISSIONE sono:

Diurno 60 dBA Notturno 50 dBA

I valori limite differenziali di immissione art 4 D.P.C.M. del 14 novembre 1997:

5dB per il periodo diurno

3dB per il periodo notturno

2. TIPOLOGIA DELL'ATTIVITA'

Come detto in premessa la centrale sfrutterà il salto geodetico da una derivazione del rio S. Lucia attraverso un gruppo turbina-generatore collocato all'interno di un fabbricato posto in sponda destra del torrente Arroscia.
Il rumore prodotto dall'attività in questione sarà essenzialmente riconducibile alla turbina-generatore le cui caratteristiche di emissione acustiche non sono ancora definite ma che lo scrivente può agevolmente definire attraverso esperienze di casi analoghi pari a **86 dBA misurati a distanza di 1 mt** dalla macchina.

3. CARATTERISTICHE DEL CLIMA ACUSTICO

In data 29/07/2016 sono state eseguite delle misurazioni fonometriche atte a verificare il clima acustico attualmente presente nel sito in questione.
La misurazione è stata condotta per le successive valutazioni del rispetto dei limiti assoluti e differenziali fissati dal ***D.P.C.M. del 14 novembre 1997***.
La misura è stata condotta secondo le modalità fissate dalla ***Deliberazione della Giunta regionale n. 534*** *del 28.5.1999 Criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e di clima acustico ai sensi dell'art. 2, comma 2, l.r. 20.3.1998, n. 12.*
La misurazione fonometrica è stata eseguita attraverso l'utilizzo di un FONOMETRO integratore DELTA OHM HD 2110 con certificazione SIT in classe 1 rispondente alle Norme EN 60651/1994 EN 60804/1994.
Lo scrivente, accompagnato dal Sig. Ramondo Raffaeli (co-titolare della ditta proponente), ha proceduto alla caratterizzazione del clima acustico ANTE OPERAM come di seguito descritto.



1° rilievo fonometrico



2° rilievo fonometrico

1° rilievo fonometrico:

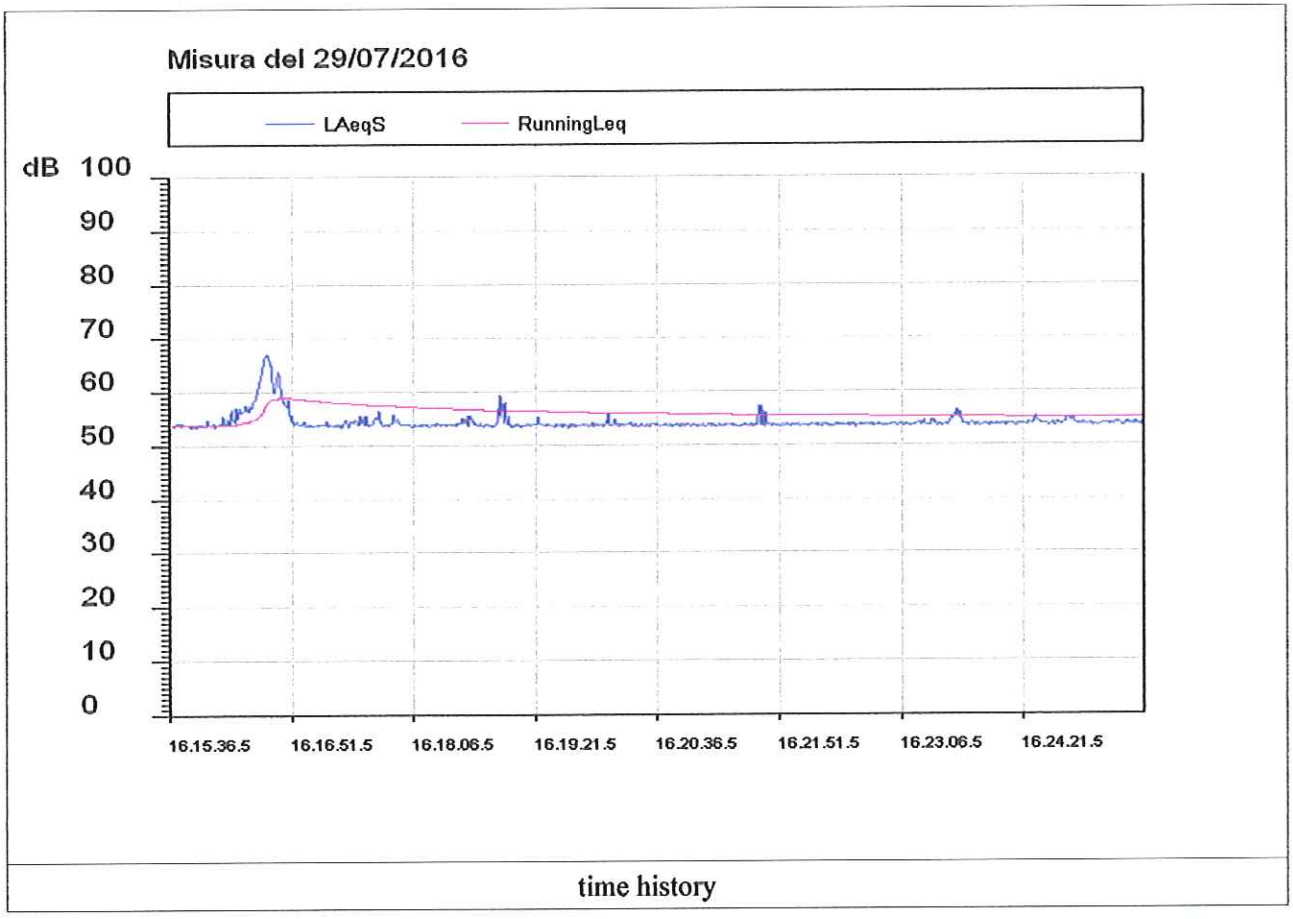
in facciata al recettore R1 (via Provinciale 3 civ. 44)

misura del 29/07/2016 - tempo di acquisizione: 10 minuti

Livello equivalente RESIDUO **Leq: 55,0 dBA**

sorgenti primarie e secondarie:

- flusso dell'acqua del rio (preponderante)
- traffico veicolare
- attività agricole e fauna circostante



time history

con i seguenti livelli percentili:

Percentile	LAFmax
95	53,4
90	53,5
70	53,7
50	53,9
30	54,2
10	55,2
5	57,3

2° rilievo fonometrico:

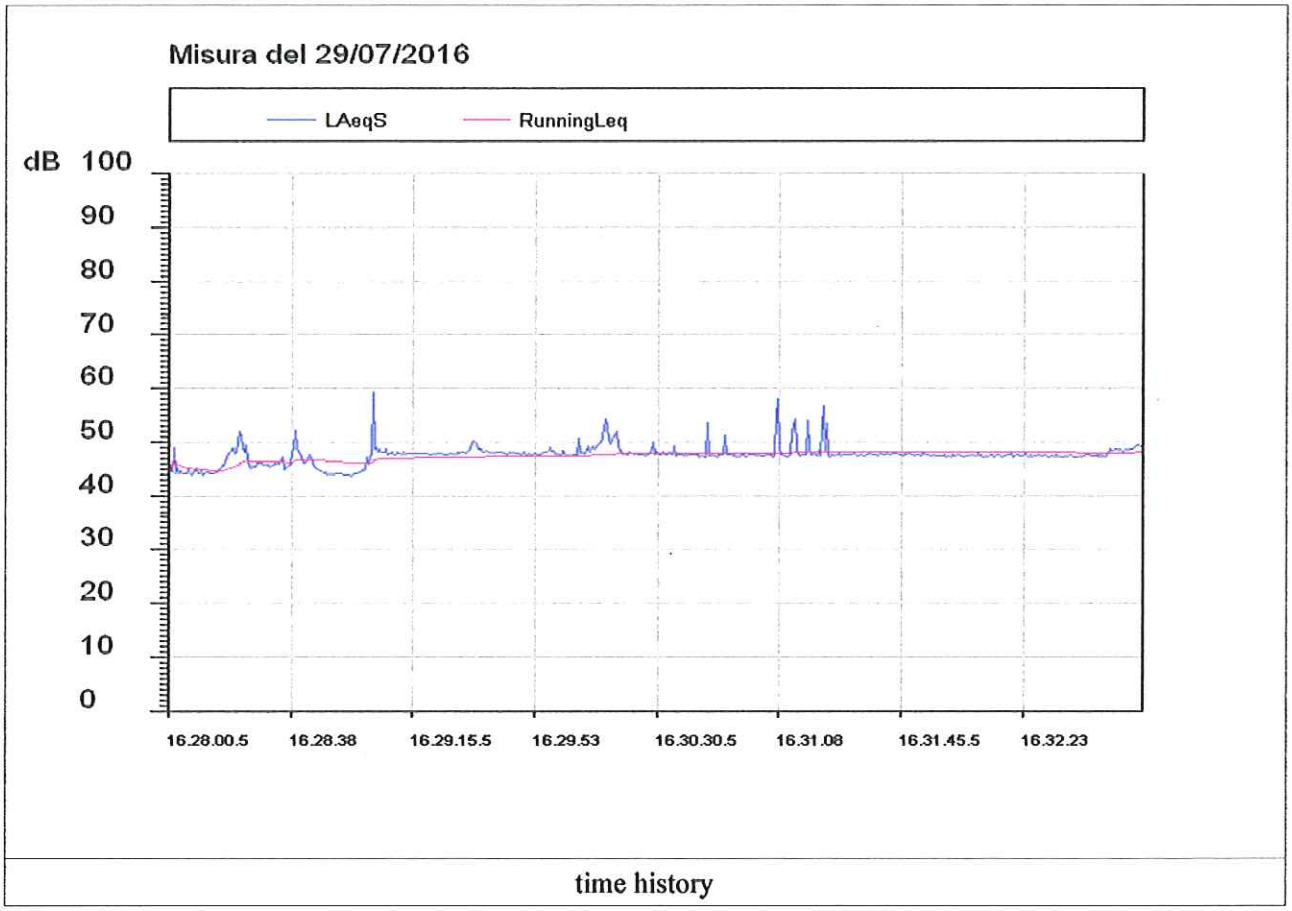
in facciata al fabbricato tra centrale e recettore R1 (via Provinciale 3)

misura del 29/07/2016 - tempo di acquisizione: 5 minuti

Livello equivalente RESIDUO **Leq: 48,1 dBA**

sorgenti primarie e secondarie:

- flusso dell'acqua del rio (mascherato dai fabbricati limitrofi)
- traffico veicolare
- attività agricole e fauna circostante



time history

con i seguenti livelli percentili:

Percentile	LAFmax
95	49,5
90	49,6
70	49,8
50	49,9
30	50,4
10	53,1
5	58,3

4. VERIFICA DELL' IMPATTO ACUSTICO

4.1 LIMITE DI EMISSIONE

La verifica del rispetto dei limiti di emissione viene fatta considerando **i livelli che si misurano al confine in questo caso assunte, in via cautelativa, nel perimetro del fabbricato.**
La sorgente rumorosa è una turbina accoppiata ad un generatore le cui emissioni, desunte da esperienze analoghe e comunque cautelative, sono state assunte pari a **86,0 dBA** a 1 mt di distanza.

La rumorosità di tipo diffusa all'interno del locale tecnico si trasmette all'esterno in funzione del potere fonoimpedente delle pareti perimetrali del fabbricato realizzato con pareti in pietra di spessore variabile nell'intorno dei 50 - 60 cm.

Il calcolo del potere fonoimpedente viene stimato in funzione della massa frontale della struttura (m') (Kg/mq) (definita come densità x spessore dell'elemento), ed eventualmente di altri parametri. In questo modo si ricava il valore di Rw dell'elemento divisorio mediante una apposita equazione.
Esistono molte formule sviluppate da differenti laboratori, di seguito ne vengono elencate alcune.
Per ogni formula vengono indicati il paese di provenienza e i limiti di validità.

Formule proposte da rapporto tecnico UNI (settembre 2004)
Laboratori italiani: **Rw = 20 log (m') - 2**
Tale formula è valida per partizioni orizzontali e verticali (singole o doppie) con m' > 80 kg/mq. Nel caso di pareti doppie l'intercapedine deve essere priva di riempimento e di spessore uguale o minore di 5 cm.
La formula sopra riportata fornisce risultati molto approssimativi per le strutture omogenee, mentre per le strutture doppie è perlopiù fallace.

Formula CEN: **Rw = 37,5 log (m') – 44**
Tale formula è valida per strutture di base monolitiche con m'>150 kg/mq.

Altre formule
Pareti monostrato:
Germania (valida per partizioni con m'>150 kg/mq):
Rw = 32,1 log (m') - 28,5
Austria (valida per partizioni con m'>150 kg/mq):
Rw = 32,4 log (m') - 26
Francia (valida per partizioni con m'>150 kg/mq):
Rw = 40 log (m') - 45
Francia (valida per partizioni con m'<150 kg/mq):
Rw = 13,3 log (m') + 12
Gran Bretagna (valida per partizioni con m'>100 kg/mq):
Rw = 21,6 log (m') – 2,3
Italia - pareti in laterizio alleggerito (valida per partizioni con m'>100 kg/mq):
Rw = 16,9 log (m') + 3,6
Italia - pareti in laterizio (valida per partizioni con 80<m'<400 kg/mq):
Rw = 16 log (m') + 7
Italia - pareti in blocchi di arg. esp. (valida per partizioni con 115<m'<400 kg/mq):
Rw = 26 log (m') - 11

Per il calcolo del potere fonoimpedente è stata fatta la seguente ipotesi cautelativa:

- densità media delle strutture perimetrali pari a 300 kg/m2 (valore cautelativo).

Con l'applicazione delle semplici formule per il calcolo del potere fonoassorbente sopra citate si ottiene:

Formule proposte da rapporto tecnico UNI (settembre 2004)
Laboratori italiani: Rw = 20 log (m') - 2 = 47,54 dB = approssimato a **47dB**

Formula CEN: Rw = 37,5 log (m') – 44 = 48,89 dB

Sotto queste ipotesi si può quindi stimare il rispetto o meno del valore limite EMISSIONE, ai sensi dell'art 4 D.P.C.M. del 14 novembre 1997, pari a 40dB nel periodo NOTTURNO, ponendosi nelle condizioni più restrittive trattandosi di un impianto a ciclo continuo.

Verifica del limite di EMISSIONE:

LAeq sorgente =	86,0 dBA (in condizioni di massima potenza)
Potere fonoassorbente =	47,0 dB (valore cautelativo formula Laboratori italiani UNI)
Valore di emissione =	**39,0 dBA**

Il suddetto valore stimato in via cautelativa (impianto alla massima potenza, confine coincidente con perimetro fabbricato, limite emissione nel periodo notturno) **indica chiaramente che il limite di EMISSIONE nel periodo notturno in zona acustica classe III, pari a 45dBA, viene in ogni caso rispettato.**

4.2 LIMITE DI IMMISSIONE - CRITERIO DIFFERENZIALE

Nel paragrafo precedente abbiamo ricavato che le emissioni all'esterno del fabbricato contenente la centralina saranno nell'ordine dei 39 dBA.

Per la verifica delle Immisioni presso il recettore R1 posto a circa 9 mt (all'ingresso via Provinciale 3 civ 44) anche assumendo, in via assolutamente cautelativa, un valore di emissione di 40 dBA, questo è notevolmente inferiore ai livelli di residuo rilevati durante le misurazioni fonometriche (55dBA in facciata al recettore e 48,1dBA in facciata al fabbricato).

Quindi anche senza l'applicazione delle consuete espressioni di propagazione e attenuazione del suono in campo aperto come di seguito:

$$L_p(r_2) = L_p(r_1) - 10 \cdot Log\left(r_2 / r_1\right)^n$$

dove:
per campo sferico n = 2

si può agevolmente affermare che i limiti di zona nel periodo notturno saranno certamente rispettati.

A questo si aggiunga il fatto che il clima acustico nel sito in questione è strettamente legato al flusso dell'acqua del sottostante torrente mentre il rilievo strumentale è stato eseguito in una stagione in cui la portata dell'Arroscia è certamente inferiore ad altri periodi dell'anno e quindi in un contesto assolutamente cautelativo.

Per quanto sopra e per le misurazioni di clima acustico Ante Operam eseguite, si può affermare che il livello di IMMISSIONE (Post Operam) nel periodo notturno (condizione più severa) rispetta il valore limite fissato dal ***D.P.C.M. del 14 novembre 1997*** pari a 50 dBA per la zona in fascia III ove ricade il recettore.

Stesso dicasi per il CRITERIO DIFFERENZIALE. Le immissioni sono assolutamente trascurabili e tali da non produrre alcune effetto all'interno delle unità abitative.

Per quanto sopra si può agevolmente affermare che il criterio differenziale, fissato dal ***D.P.C.M. del 14 novembre 1997*** sia nel periodo notturno pari a 3 dBA che diurno pari a 5 dBA, venga rispettato.

5. CONCLUSIONI

Il progetto cui si riferisce questo documento tecnico prevede la realizzazione di una centrale elettrica nella frazione Ponti di Pornassio, nel Comune di Pornassio, in sponda destra del torrente Arroscia attraverso una derivazione del rio S.Lucia.

Nella valutazione di impatto acustico, redatta in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 8, comma 4, della l. n.447/1995 e dalla l.r. 20/1998 e in conformità a quanto indicato nel Titolo II del D.G.R. n. 534 del 28 maggio 1999, sono state prese in considerazione le possibili sorgenti di rumore e i relativi effetti nelle emissioni presso l'attività in questione e nelle immissioni presso i recettori più prossimi.

Individuate le sorgenti e fissati i rispettivi valori di emissione, si è proceduto alla caratterizzazione acustica "post operam" del sito e sovrapposta questa al clima acustico "ante operam" misurato attraverso una serie di rilievi fonometrici eseguiti con strumentazione in classe 1 rispondente alle norme EN 60651/1994 EN 60804/1994.

In conclusione la presente valutazione previsionale ha permesso di concludere che le emissioni di rumore prodotte dalla nuova attività in oggetto, anche nel caso in cui operasse a ciclo continuo (h24), saranno tali da rispettare i limiti di legge previsti dal DPCM 14/11/1997.

Il presente documento è stato redatto dallo scrivente Ing. Alessandro BARLA, Tecnico Competente (ai sensi dell'art. 2 comma 7 della Legge n. 447 del 26/10/1995) con determina Dirigenziale Regione LIGURIA n. 11 del 13/01/2003.

IMPERIA, li 01 AGO. 2010

Il Tecnico
Dott. Ing. Alessandro BARLA
Ordine Ingegneri di Imperia n.664
Tecnico in acustica ambientale Liguria n. 198

Allegati:
Certificazione SIT FONOMETRO integratore DELTA OHM HD 2110
Definizioni, norme tecniche, riferimenti normativi, algoritmi di calcolo

DELTA OHM S.r.l.
Via Marconi, 5
35030 Caselle di Selvazzano (PD)
Tel. 0039-0498977150
Fax 0039-049635596
e-mail: info@deltaohm.com
Web Site: www.deltaohm.com
Laboratorio Misura di Elettroacustica

Centro di Taratura LAT N° 124
Calibration Centre

Laboratorio Accreditato
di Taratura

LAT N° 124

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 124 14003113
Certificate of Calibration

- data di emissione / *date of issue*: 2014-12-11
- cliente / *customer*: Ranise Franca – Via Salvatore, 21/23 - 18010 Pietrabruna (IM)
- destinatario / *receiver*: Barla Ing. Alessandro – Strada Poggi, 32 - 18100 Imperia (IM)
- richiesta / *application*: OFF. 785
- in data / *date*: 2014-11-28

Si riferisce a / *Referring to*

- oggetto / *item*: Fonometro
- costruttore / *manufacturer*: Delta Ohm S.r.l.
- modello / *model*: HD2110
- matricola / *serial number*: 05062230407
- data delle misure / *date of measurements*: 2014/12/11
- registro di laboratorio / *laboratory reference*: 29755

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 124 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI).
Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 124 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI).
This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura *k* corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore *k* vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre
Pierantonio Benvenuti

ALLEGATI

A. DEFINIZIONI

(ai sensi del DPCM 01/03/91 *integrato <u>in corsivo</u> dal DM 16/06/98*)

1. Ambiente abitativo
Ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane: vengono esclusi gli ambienti di lavoro salvo quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti esterne o interne non connesse con attività lavorativa.

2. Rumore
Qualunque emissione sonora che provochi sull'uomo effetti indesiderati, disturbanti o dannosi o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo dell'ambiente.

3. Livello di rumore residuo - Lr
E' il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato «A» che si rileva quando si escludono le specifiche sorgenti disturbanti. Esso deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale.

4. Livello di rumore ambientale - La
E' 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 (come definito al punto 3) 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 conforma con i limiti massimi di esposizione:*
nel caso dei limiti differenziali è riferito a Tm
nel caso di limiti assoluti è riferito a Tr

5. Sorgente sonora
Qualsiasi oggetto, dispositivo, macchina o impianto o essere vivente idoneo a produrre emissioni sonore.

6. Sorgente specifica
Sorgente sonora selettivamente identificabile che costituisce la causa del disturbo.

7. Livello di pressione sonora
Esprime il valore della pressione acustica di un fenomeno sonoro mediante la scala logaritmica dei decibel (dB) ed è dato dalla relazione seguente:

$$L_{PA} = 10\log\left[\frac{p_A^2(t)}{p_0^2}\right]dB$$

dove p è il valore efficace della pressione sonora misurata in pascal (Pa) e p_0 è la pressione di riferimento che si assume uguale a 20 micropascal in condizioni standard. $p_0 = 20\,\mu Pa$

8. Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato «A»
E' il parametro fisico adottato per la misura del rumore, definito dalla relazione analitica seguente:

$$L_{Aeq,T} = 10\log\left[\frac{1}{t_2 - t_1}\int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2}d(t)\right]dB(A)$$

dove $P_A(t)$ è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata secondo la curva A (norma I.E.C. n. 651); p_0 è il valore della pressione sonora di riferimento già citato al punto 7; T è l'intervallo di tempo di integrazione; Leq(A).T esprime il livello energetico medio del rumore ponderato in curva A, nell'intervallo di tempo considerato.

9. Livello differenziale di rumore
Differenza tra il livello Leq (A) di rumore ambientale e quello del rumore residuo. *L_D è la differenza tra il livello di rumore ambientale L_A e quello residuo L_R :* $L_D = L_A - L_R$

10. Rumore con componenti impulsive
Emissione sonora nella quale siano chiaramente udibili e strumentalmente rilevabili eventi sonori di durata inferiore ad un secondo. *E' tale quando:*

- *la differenza tra il Liv. equiv.(A) IMPULSE MAX e il liv. equiv. (A) SLOW MAX è di 6dB*
- *la durata dell'evento a -10dB dal valore Liv. equiv. FAST MAX è inferiore a 1 secondo*

11a. Rumori con componenti tonali
Emissioni sonore all'interno delle quali siano evidenziabili suoni corrispondenti ad un tono puro o contenuti entro 1/3 di ottava e che siano chiaramente udibili e strumentalmente rilevabili.. *Tra 20 Hz e 20.000 Hz è tale quando l'analisi spettrale in terzi d'ottava mette in evidenza delle componenti tonali che hanno carattere stazionario sia nel tempo che in frequenza e il LIVELLO DI UNA BANDA in 1/3 d'ottava supera il livelli minimi delle bande adiacenti di 5 dB. Si adotta il fattore correttivo KT = + 3 dB SOLTANTO se la componente tonale TOCCA una isofonica uguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro.*

11b. Rumori con componenti tonali in bassa frequenza
Tra 20 Hz e 200 Hz è tale quando l'analisi spettrale in terzi d'ottava mette in evidenza delle componenti tonali che hanno carattere stazionario sia nel tempo che in frequenza e il LIVELLO DI UNA BANDA in 1/3 d'ottava supera il livelli minimi delle bande adiacenti di 5 dB. Si adotta un ulteriore, da aggiungere quindi al fattore KT, il fattore correttivo KB = + 3 dB SOLTANTO se la componente tonale TOCCA una isofonica uguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro.

12. Tempo di riferimento - Tr
E' il parametro che rappresenta la collocazione del fenomeno acustico nell'arco delle 24 ore: si individuano il periodo diurno e notturno. Il periodo diurno è di norma, quello relativo all'intervallo di tempo compreso tra le h 6,00 e le h 22,00. Il periodo notturno è quello relativo all'intervallo di tempo compreso tra le h 22,00 e le h 6,00.

13. Tempo di osservazione - To
E' un periodo di tempo, compreso entro uno dei tempi di riferimento, durante il quale l'operatore effettua il controllo e la verifica delle condizioni di rumorosità.

14. Tempo di misura - Tm
E' il periodo di tempo, compreso entro il tempo di osservazione, durante il quale vengono effettuate le misure di rumore.
All'interno di ciascun To, si individuano uno o più tempi di misura Tm di durata pari o minore del To in funzione delle caratteristiche di variabilità del rumore ed in modo tale che la misura sia rappresentativa del fenomeno.

15. Livelli dei valori efficaci di pressione sonora ponderata A
Sono i livelli L_{AS} L_{AF} L_{AI} ed esprimono i valori efficaci in media logaritmica mobile della pressione ponderata A di L_{PA} secondo le costanti SLOW FAST IMPULSE

16. Livelli dei valori massimi di pressione sonora ponderata A
Sono i livelli L_{ASmax} L_{AFmax} L_{AImax} ed esprimono i valori massimi della pressione ponderata A di L_{PA} secondo le costanti SLOW FAST IMPULSE

17. Livelli di rumore corretto
E' definito dalla relazione: $L_C = L_A + K_I + K_T + K_B + K_P$

B. NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE MISURE
(ai sensi del DPCM 01/03/91 *integrato <u>in corsivo</u> dal DM 16/06/98*)

1. Strumentazione
Il sistema di misura deve essere in modo da soddisfare le specifiche di cui alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994. Le misure di livello equivalente dovranno essere effettuate direttamente con un fonometro conforme alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994. Nel caso di utilizzo di segnali registrati prima e dopo le misure deve essere anche registrato un segnale di calibrazione. La catena di registrazione deve avere una risposta in frequenza conforme a quella richiesta per la classe 1 della EN 60651/1994 ed una dinamica adeguata al fenomeno in esame. L'uso del registratore deve essere dichiarato nel rapporto di misura
I filtri e i microfoni utilizzati per le misure devono essere conformi alle norme, rispettivamente, EN 612960/1995 (IEC 1260) e EN61094-1/1994, EN 61094-2/1993, EN 61094-3/1995, EN61094-4/1995.
Il microfono da campo libero deve essere orientato verso la sorgente di rumore; nel caso in cui non sia ben localizzato o siano presenti più sorgenti deve essere usato un microfono ad incidenza casuale. Il microfono deve essere montato su un apposito sostegno e collegato al fonometro con cavo di lunghezza tale da consentire agli operatori di porsi alla distanza non inferiore a 3 m dal microfono stesso.

2. Calibrazione del fonometro
Il fonometro deve essere calibrato con uno strumento il cui grado di precisione sia non inferiore a quello del fonometro stesso.
I calibratori devono essere conformi alle norme CEI 29-4
La strumentazione e/o la catena di misura, prima e dopo ogni ciclo di misura, deve essere controllata con un calibratore di classe, secondo la norma IEC 942:1998. Le misure fonometriche eseguite sono valide se le calibrazioni effettuate prima e dopo ogni ciclo di misura, differiscono al massimo di 0,5 dB.
Gli strumenti ed i sistemi di misura devono essere provvisti di certificato di taratura e controllati almeno ogni due anni per la verifica della conformità alle specifiche tecniche. Il controllo periodico deve essere eseguito presso laboratori accreditati da un servizio di taratura nazionale ai sensi della legge 11/08/1991 n. 273.
Per l'utilizzo di altri elementi a completamento della catena di misura non previsti nelle norme di cui ai commi 1 e 2 del presente articolo, deve essere assicurato il rispetto dei limiti di tolleranza della classe 1 sopra richiamata.

3. Rilevamento del livello di rumore
Il rilevamento deve essere eseguito misurando il livello sonoro continuo equivalente ponderato in curva A (Leq A) per un tempo di misura sufficiente ad ottenere una valutazione significativa del fenomeno sonoro esaminato. Per le sorgenti fisse tale rilevamento dovrà, comunque, essere eseguito nel periodo di massimo disturbo non tenendo conto di eventi eccezionali ed in corrispondenza del luogo disturbato. L'osservatore deve tenersi a sufficiente distanza dal microfono per non interferire con la misura.
La misura deve essere arrotondata a 0.5 dB.
Prima dell'inizio delle misure è indispensabile acquisire tutte quelle informazioni che possono condizionare la scelta del metodo, dei tempi e delle posizioni di misura.

I rilievi di rumorosità devono pertanto tenere conto delle variazioni sia dell'emissione sonora delle sorgenti che della loro propagazione. Devono essere rilevati tutti i dati che conducono ad una descrizione delle sorgenti che influiscono sul rumore ambientale nelle zone interessate dall'indagine. Se individuabili, occorre indicare le maggiori sorgenti, la variabilità della loro emissione, la presenza di componenti tonali e/o impulsive e/o di bassa frequenza.

3.1. Per misure in esterno

Nel caso di edifici con facciata a filo della sede stradale o di spazi liberi, *il microfono deve essere collocato a metri 1 dalla facciata stessa. Nel caso di edifici con distacco dalla sede stradale o di spazi liberi, il microfono deve essere collocato nell'interno dello spazio fruibile da persone o comunità e, comunque, a non meno di metri 1 dalla facciata* (perimetrazione esterna) *dell'edificio.* Nelle aree esterne non edificate, i rilevamenti devono essere effettuati in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone o comunità. Si deve effettuare la misura del livello di rumore ambientale e confrontarla con i limiti di esposizione di cui all'art. 2 di cui al presente decreto del Presidente del Consiglio dei ministri.

L'altezza del microfono sia per misure in aree edificate che per misure in altri siti, deve essere scelta in accordo con la reale o ipotizzata posizione del ricettore.

Le misurazioni devono essere eseguiti in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia, e/o neve; la velocità del vento non superiore a 5 m/s. Il microfono deve essere comunque munito di cuffia antivento. La catena di misura deve essere compatibile con le condizioni meteorologiche del periodo in cui si effettuano la misurazioni e comunque in accordo con le norme CEI 29/10 ed EN 60804/1994.

3.2. Per misure all'interno di ambienti abitativi

Il microfono della catena fonometrica deve essere posizionato a 1,5 m dal pavimento e ad almeno 1 m da superfici riflettenti. Il rilevamento in ambiente abitativo deve essere eseguito sia a finestre aperte che chiuse, al fine di individuare la situazione più gravosa. Nella misura a finestre aperte il microfono deve essere posizionato a 1 m dalla finestra; in presenza di onde stazionarie il microfono deve essere posto in corrispondenza del massimo di pressione sonora più vicino alla posizione indicata precedentemente. Nella misura a finestre chiuse, il microfono deve essere posto nel punto in cui si rileva il maggior livello della pressione acustica.

4. Presentazione dei risultati

I risultati dei rilevamenti devono essere trascritti in un rapporto che contenga almeno i seguenti dati:

a) data, luogo ed ora del rilevamento e descrizione delle condizioni meteorologiche, velocità e direzione del vento

b) tempo di riferimento, di osservazione e di misura,

c) strumentazione impiegata e relativo grado di precisione, certificato di verifica della taratura;

d) i livelli di rumore rilevati;

e) classe di destinazione d'uso alla quale appartiene il luogo di misura e relativi valori dei limiti massimi di esposizione;

l) giudizio conclusivo

m) modello, tipo, dinamica, e risposta in frequenza nel caso di un sistema di registrazione o riproduzione;

n) elenco nominativo degli operatori che hanno presenziato alla misurazione:

o) identificativo e firma leggibile del tecnico competente che ha eseguito le misure.

PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.P.C.M. 01/03/1991 Limiti massimi di esposizione a rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno
- LEGGE 447 del 26/10/1995 Legge quadro sull'inquinamento acustico
- D.P.C.M. 14/11/1997 Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore
- D.M. 16/03/1998 Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico
- Legge Regione Liguria n. 12 del 20/03/1998 Disposizioni in materia di inquinamento acustico
- Delibera Giunta Regione Liguria DGR n. 534 del 28/05/1999 Criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e di clima acustico
- Delibera Giunta Regione Liguria DGR n. 1585 del 23/12/1999 Definizione dei criteri per la classificazione acustica, per la predisposizione e adozione dei piani comunali di risanamento acustico.

ALGORITMO DI CALCOLO PREVISIONALE

Lo studio viene eseguito generalmente in due fasi.
Si parte preliminarmente con l'applicazione delle classiche equazioni sulla propagazione delle onde sonore, sull'attenuazione con la distanza e sull'attenuazione prodotte dalle barriere in occasione delle sorgenti puntiformi:

$$L_p(r) = L_W - 10 \cdot Log(r^n) - c + \sum_{i=1}^{N} A_i$$

dove:

per campo sferico	n = 2	c = 11
per campo semisferico	n = 2	c = 8
per campo cilindrico	n = 1	c = 8
per campo semicilindrico	n = 1	c = 5

$$L_p(r_2) = L_p(r_1) - 10 \cdot Log\left(r_2 / r_1\right)^n$$

dove:

per campo sferico	n = 2
per cilindrico	n = 1

ovvero

$$\Delta = 5 + 20 \log\left[\frac{\sqrt{2\pi|N|}}{\tanh\sqrt{2\pi|N|}}\right]$$

per l'attenuazione delle barriere con sorgenti puntiformi

dove:

N = numero di Fresnel = $2\frac{\delta}{\lambda}$

δ = differenza di percorso tra l'onda di fratta e quella diretta

λ = lunghezza d'onda.

In una fase successiva si utilizzano algoritmi di calcolo elaborati secondo la normativa ISO 9613 (prima edizione 15 dicembre 1996), intitolata "Attenuation of sound during propagation outdoors". Tale norma consiste di due parti :

- Parte 1 : Calculation of the absorption of sound by the atmosphere
- Parte 2 : General method of calculation

La prima parte tratta con molto dettaglio l'attenuazione del suono causata dall'assorbimento atmosferico; la seconda parte tratta vari meccanismi di attenuazione del suono durante la sua propagazione nell'ambiente esterno (diffrazione, schermi, effetto suolo ..). Il trattamento del suono descritto nella seconda parte è riconosciuto dalla stessa norma come "più approssimato ed empirico" rispetto a quanto descritto nella prima parte.

Scopo della ISO 9613-2 è di fornire un metodo ingegneristico per calcolare l'attenuazione del suono durante la propagazione in esterno. La norma calcola il livello continuo equivalente della pressione sonora pesato in curva A che si ottiene assumendo sempre condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del suono, cioè propagazione sottovento o in condizioni di moderata inversione al suolo. In tali condizioni la propagazione del suono è curvata verso il terreno.

Le sorgenti sonore sono assunte come puntiformi e devono esserne note le caratteristiche emissive in banda d'ottava (frequenze nominali da 63Hz a 8 kHz)

il metodo contiene una serie di algoritmi in banda d'ottava per il calcolo dei seguenti effetti:
- attenuazione per divergenza geometrica
- attenuazione per assorbimento atmosferico
- attenuazione per effetto del terreno
- riflessione del terreno
- attenuazione per presenza di ostacoli che si comportano come schermi

In appendice sono inoltre contenuti una serie di schemi semplificati per la valutazione della attenuazione della propagazione del suono attraverso :
- zone coperte di vegetazione
- zone industriali
- zone edificate

Le sorgenti sonore trattate dalla ISO 9613-2 sono sorgenti puntiformi descritte tramite i valori di direttività e di potenza sonora in banda d'ottava (dB). In particolare :

- la potenza sonora in banda d'ottava (dB) è convenzionalmente specificata in relazione ad una potenza sonora di riferimento di un picowatt; i valori vanno inseriti per ogni banda d'ottava (62,5Hz ; 125Hz; 25Hz; 500Hz; 1kHz; 2kHz; 4kHz; 8kHz)
- la direttività (dB) è un termine che dipende dalla frequenza e dalla direzione e rappresenta la deviazione del livello equivalente di pressione sonora (SPL) in una specifica direzione rispetto al livello prodotto da una sorgente omnidirezionale

La norma specifica inoltre la possibilità di descrivere sorgenti estese, anche in movimento, rappresentandole con set di sorgenti puntiformi ognuna con le sue caratteristiche emissive. A questo proposito la ISO 9613-2 specifica che una sorgente estesa, o una parte di una sorgente estesa, può essere rappresentata da una sorgente puntiforme posta nel suo centro se :

- esistono le stesse condizioni di propagazione tra le varie parti della sorgente estesa e la sorgente puntiforme ed il recettore

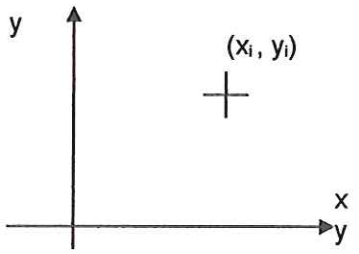
· la distanza tra la sorgente puntiforme equivalente ed il recettore è maggiore del doppio della dimensione maggiore della sorgente estesa

Il modello di calcolo utlizzato è denominato NFTPIso9613 della Maind s.r.l. e implementa la ISO9613-2 calcolando il valore di SPL equivalente prodotto da una serie di sorgenti puntiformi poste sul territorio. Rispetto a quanto contenuto nella ISO9613-2 nello sviluppo del modello sono state fatte le seguenti approssimazioni:

· nella implementazione del metodo alternativo per il calcolo dell'effetto del suolo, descritto nel paragrafo 7.3.2 della ISO 9613-2, non viene considerato il termine di correzione D (indice di direttività della sorgente w dB)
· nella valutazione degli effetti di schermo delle barriere viene considerata solo la diffrazione dagli spigoli orizzontali superiori
· non vengono considerati effetti di riflessione; nel paragrafo 7.5 della ISO 9613-2 la riflessione è trattata tramite l'utilizzo di sorgenti virtuali. Tale effetto non è stato considerato sia a causa della notevole complicazione degli algoritmi di calcolo sia a causa delle numerose condizioni che la ISO stessa prevede per la validità dello schema proposto

· nel caso della diffrazione da schermi non viene valutata la condizione di validità della barriera in quanto il programma è stato sviluppato per il calcolo in ambiente esterno dove tale condizione è praticamente sempre verificata
· la presenza di orografia non è esplicitamente trattata dalla ISO 9613-2; il programma di calcolo tratta l'orografia come una serie di ostacoli valutando quindi gli effetti di diffrazione al bordo superiore

Il modulo di calcolo utilizza un sistema di coordinate cartesiano espresso in metri. Gli assi sono orientati come in figura:



Le coordinate dei vari oggetti (sorgenti, barriere, zone acustiche ..) vanno espresse in metri: non hanno importanza i valori assoluti di tali coordinate ma solo che siano rispettate le posizioni relative.
Per la valutazione di alcuni effetti (orografia, effetto del terreno, fondo sonoro) è necessario assegnare al reticolo di calcolo una matrice (i,j) che contenga un valore della grandezza in esame per ogni cella.

Dati i valori dell'origine del reticolo di calcolo (x0,y0), la dimensione della singola cella (dx,dy) e il numero totale di celle (nx,ny) le coordinate delle singole celle del reticolo sono espresse dalla relazione seguente :

$$x = x_0 + (i-1)*dx \qquad y = y_0 + (i-1)*dy$$

Le equazioni di base utilizzate dal modello sono riportate nel paragrafo 6 della ISO 9613-2:

$$L_p(f) = L_W(f) + D(f) - A(f)$$

dove:
· Lp : livello di pressione sonoro equivalente in banda d'ottava (dB) generato nel punto p dalla sorgente w alla frequenza f

- Lw : livello di potenza sonora in banda d'ottava alla frequenza f (dB) prodotto dalla singola sorgente w relativa ad una potenza sonora di riferimento di un picowatt
- D : indice di direttività della sorgente w (dB)
- A : attenuazione sonora in banda d'ottava (dB) alla frequenza f durante la propagazione del suono dalla sorgente w al recettore p

Il termine di attenuazione A è espresso dalla seguente equazione:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

dove:
- Adiv : attenuazione dovuta alla divergenza geometrica
- Aatm : attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico
- Agr : attenuazione dovuta all'effetto del suolo
- Abar : attenuazione dovuta alle barriere
- Amisc : attenuazione dovuta ad altri effetti (descritti nell'appendice della norma)

Il valore totale del livello sonoro equivalente ponderato in curva A si ottiene sommando i contributi di tutte le bande d'ottava e di tutte le sorgenti presenti secondo l'equazione seguente:

$$L_{eq}(dBA) = 10\log\left[\sum_{i=1}^{N}\left(\sum_{j=1}^{8} 10^{0.1[L_p(ij)+A(j)]}\right)\right]$$

dove:
- n : numero di sorgenti
- j : indice che indica le otto frequenze standard in banda d'ottava da 63 Hz a 8kHz
- Af ; indica il coefficiente della curva ponderata A

L'attenuazione per divergenza è calcolata secondo la formula (par. 7.1 ISO 9613-2):

$$A_{div} = 20\log(d/d_o) + 11$$

dove d è la distanza tra la sorgente e il ricevitore in metri e d0 è la distanza di riferimento
L'attenuazione per assorbimento atmosferico è calcolata secondo la formula (par. 7.2 ISO 9613-2):

$$A_{atm} = \alpha * d/1000$$

dove d rappresenta la distanza di propagazione in metri e α rappresenta il coefficiente di assorbimento atmosferico in decibel per chilometro per ogni banda d'ottava secondo quanto riportato nelle tabelle seguenti :
Umidità relativa pari al 70%:

Temp(C)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000(Hz)
10	0,1	0,4	1	1,9	3,	9,7	32,8	117
20	0,1	0,3	1,1	2,8	5	9	22,9	76,6
30	0,1	0,3	1	3,1	7,4	12,7	23,1	59,3

ovvero
Temperatura pari a 15 gradi

Uml(%)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000(Hz)
20	0,3	0,6	1,2	2,7	8,2	28,1	88,8	202
50	0,1	0,5	1,2	2,2	4,2	10,8	36,2	129
80	0,1	0,3	1,1	2,4	4,1	8,3	23,7	82,8

In caso di terreno non piatto la ISO 9613-2 (par. 7.3.2) fornisce un metodo semplificato che calcola l'attenuazione dovuta al terreno ponderata in curva A (e non quindi in banda d'ottava):

$$A_{gr} = 4{,}8 - [2h_m / d] / [17 + 300 / d]$$

dove:

- hm : altezza media del raggio di propagazione in metri
- d : distanza tra la sorgente e il recettore in metri

Questo metodo è applicabile solo quando la propagazione del suono avviene su terreni porosi o prevalentemente porosi ed il modello di calcolo trascura la correzione delle direttività descritta dall'equazione (11) della ISO 9613-2

Le condizioni per considerare un oggetto come schermo sono le seguenti:

- la densità superficiale dell'oggetto è almeno pari a 10Kg/m2
- l'oggetto ha una superficie uniforme e compatta (si ignorano quindi molti impianti presenti in zone industriali)
- la dimensione orizzontale dell'oggetto normale al raggio acustico è maggiore della lunghezza d'onda della banda nominale in esame (si tenga presente che tale condizione non viene valutata dal programma)

Il modello di calcolo valuta solo la diffrazione dal bordo superiore orizzontale secondo l'equazione :

$$A_{br} = D_z - A_{gr}$$

dove:

- Dz : attenuazione della barriera in banda d'ottava
- Agr : attenuazione del terreno in assenza della barriera

Si tenga presente che l'attenuazione provocata dalla barriera tiene conto dell'effetto del suolo (quindi in presenza di una barriera non si calcola l'effetto suolo) e che per grandi distanze e barriere alte il calcolo descritto in seguito non è confermato dalle misure. Si considera solo il percorso principale

Gli effetti addizionali sono descritti nell'appendice della ISO 9613-2 e considerano un percorso di propagazione del suono curvato verso il basso con un arco di raggio pari a 5 Km Tale percorso è tipico delle condizioni meteorologiche assunte come base della ISO 9613-2 Gli effetti descritti sono:

- Afol : attenuazione dovuta alla propagazione attraverso vegetazione
- Asite : attenuazione dovuta alla propagazione attraverso siti industriali
- Ahous : attenuazione dovuta alla propagazione attraverso zone edificate

Le varie zone descritte sopra sono inserite nel reticolo di calcolo come poligoni di quattro lati tramite le coordinate dei vertici. Il metodo di calcolo adottato dal modello è il seguente:

- individuazione dei punti di attraversamento del raggio sorgente recettore di una zona del tipo descritto sopra
- calcolo del percorso curvato verso il basso con raggio di 5 km dalla sorgente al recettore
- determinazione della parte di zona effettivamente attraversata in relazione alla quota del raggio e alla quota media della zona attraversata
- applicazione dell'attenuazione.