Committente

COMUNE DI BISUSCHIO
Ufficio Ecologia e Ambiente
Via Mazzini 14 – Bisuschio (VA)

Progetto

Mappatura Acustica Strategica, Piani di Azione e compilazione Report Mechanism



MAPPATURA ACUSTICASTRATEGICA
DELLE STRADE CON PIU' DI 3.000.000 DI VEICOLI/ANNO

Giugno 2017 ***Relazione Tecnica***

Il presente documento è stato elaborato da:

STUDIO ING. AMBROGIO BOSSI
Via Camillo Benso Conte di Cavour, 15
21013 , Gallarate (VA)

Ne hanno curato la stesura:

BOSSI Ambrogio
(Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 2814/1999)

SERGENTI Marco
(Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 556/1998)

Staff:
MAGNI Lorenzo

Sommario

SOMMARIO **3**
1 INTRODUZIONE GENERALE **4**
2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO **5**
2.1 OBBLIGHI E ADEMPIMENTI 5
3 DESCRIZIONE DELL'INFRASTRUTTURA STRADALE **7**
3.1 CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO E DELL'INFRASTRUTTURA 7
4 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE E RELATIVI RICETTORI **9**
5 METODI DI CALCOLO E MODELLI APPLICATI **10**
5.1 CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI 10
5.2 BASE DATI TERRITORIALI 11
5.3 MODELLO E SUA IMPLEMENTAZIONE 11
5.4 SOFTWARE IMPLEMENTAZIONE MODELLO 12
5.5 PARAMETRI DI CALCOLO 12
5.6 MODELLIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI TERRITORIALI 13
5.7 COSTRUZIONE DELLA MAPPATURA ACUSTICA 13
5.8 MAPPE DI RUMORE 14
5.9 GRANDEZZE CONSIDERATE AI FINI DELL'ATTENUAZIONE ACUSTICA 15
5.10 SPECIFICHE DEL MODELLO MATEMATICO USATO 16
5.11 TECNICA DI RITRACCIAMENTO DEI RAGGI (*RAYTRACING*) 17
5.12 LE TIPOLOGIE DI SORGENTI 17
5.13 LA DIFFRAZIONE DEGLI OSTACOLI 18
5.14 L'ASSORBIMENTO DI ELEMENTI 19
5.15 QUOTE DI CALCOLO DELLE MAPPE 19
5.16 RIFERIMENTI NORMATIVI DEL MODELLO UTILIZZATO 20
5.17 STIMA DELLE INCERTEZZE DEI DATI DI INGRESSO DEL MODELLO 21
5.18 STIMA DELLE INCERTEZZE DEI DATI DI USCITA DEL MODELLO 21
5.19 CARATTERIZZAZIONE DELLE INCERTEZZE ASSOCIATE A DIVERSE IMPOSTAZIONI DEL MODELLO 22
5.20 ELEMENTI CHE INTERVENGONO NELLA STIMA DELLE INCERTEZZE 23
5.21 INCERTEZZE ASSOCIATE AI DIVERSI PARAMETRI 25
5.22 CALCOLO DELLE INCERTEZZE ASSOCIATE ALLE MISURE 27
5.23 STIMA DELLE INCERTEZZE DELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE 29
6 MISURE ANTIRUMORE GIÀ IN ATTO E PROGETTI IN PREPARAZIONE **30**
7 I RILIEVI FONOMETRICI **31**
8 STIMA DELLA POPOLAZIONE ESPOSTA E SINTESI DEI RISULTATI **32**
8.1 STIMA DELLA POPOLAZIONE ESPOSTA 32
8.2 RISULTATI 33
9 MATERIALE TRASMESSO **34**
10 BIBLIOGRAFIA **35**

ALLEGATI

1 Introduzione generale

Il presente lavoro illustra la metodologia seguita nella stesura della Mappatura Acustica per l'anno 2017 delle strade in gestione al Comune di Bisuschio con traffico superiore ai 3.000.000 veicoli annuali, come previsto nel Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194, "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".

La Mappatura Acustica

L'Amministrazione del Comune di Bisuschio ha disposto delle indagini necessarie alla conoscenza dei livelli di rumore prodotti dalle proprie infrastrutture stradali. L'obiettivo è quello di raccogliere e organizzare gli elementi preliminari di conoscenza necessari alla predisposizione del piano d'azione e del piano di risanamento acustico richiesti dalle normative vigenti.

In particolare l'incarico include la modellizzazione del la mappatura acustica del rumore delle strade in cui transitano oltre 3.000.000 veicoli/anno.

Il presente lavoro si è articolato in quattro fasi:

- Costruzione di una base di dati digitali contenenti le informazioni necessarie a scala comunale
- Campagna di misura per il rilievo dei livelli di rumore presenti in punti specifici del reticolo stradale. I risultati saranno utilizzati per tarare un modello di produzione e diffusione del rumore, basato sulle caratteristiche dei flussi di traffico esistenti.
- Applicazione del modello di simulazione del rumore stradale per la predisposizione delle mappe di rumore della rete stradale comunale.
- Applicazione del modello di simulazione del rumore stradale per la mappatura acustica degli assi stradali a gestione comunale con un traffico superiore ai 3.000.000 di veicoli/anno.

2 Quadro normativo di riferimento

2.1 Obblighi e adempimenti

Il Decreto Legislativo (D.Lgs.) n. 194 del 19/08/2005: "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione ed alla gestione del rumore ambientale" ha recepito nell'ordinamento italiano la Direttiva 2002/49/CE: "Determinazione e gestione del rumore ambientale".

La direttiva nasce dalla necessità di mettere a punto misure ed iniziative specifiche per il contenimento dell'inquinamento acustico, a fronte di un contesto europeo che lamenta l'assenza di dati affidabili e comparabili relativi alle diverse sorgenti di rumore. L'obiettivo della direttiva è quindi quello di far si che i livelli di inquinamento acustico siano rilevati, ordinati e presentati da tutti gli stati secondo criteri confrontabili. Ciò presuppone l'uso di descrittori e metodi di determinazione armonizzati. I descrittori acustici selezionati dalla Direttiva sono Lden per determinare il disturbo sulle 24 ore e Ln per determinare i disturbi del sonno nel periodo notturno (dalle ore 22:00 alle ore 06:00).

I principali strumenti introdotti dalla Direttiva per raggiungere i propri obiettivi sono:

- la determinazione dell'esposizione al rumore ambientale mediante la mappatura acustica delle principali sorgenti di rumore presenti sul territorio, da realizzarsi sulla base di metodi di determinazione comuni agli stati membri;
- l'informazione e la partecipazione del pubblico in merito al rumore ambientale ed ai relativi effetti per garantire un processo democratico e condiviso di lotta al rumore;
- l'attuazione di piani d'azione per evitare e/o ridurre il rumore ambientale nonché per evitare aumenti di rumore nelle zone silenziose.

Il primo passo che deve essere intrapreso è quindi quello della predisposizione della mappatura acustica. Quest'ultima è definita come: *"la rappresentazione di dati relativi ad una situazione di rumore esistente o prevista in una zona, relativa ad una determinata sorgente, in funzione di un descrittore acustico che indichi il superamento di pertinenti valori limite vigenti, il numero di persone esposte o il numero di abitazioni esposte a determinati valori di rumore".*

Nel caso delle infrastrutture stradali, la mappatura acustica deve interessare gli "assi stradali principali", cioè quelle strade dove transitano ogni anno più di 3.000.000 veicoli.

In base al Decreto Legislativo n. 194/2005 spetta ai gestori eseguire la mappatura acustica del rumore prodotto dalle proprie infrastrutture. Il Comune di Bisuschio, in quanto gestore di strade su cui transitano più di 3.000.000 di veicoli/anno, ha affidato il compito di realizzare la sua mappatura alla scrivente. Obbligo del Comune sarà poi quello di trasmettere i risultati della mappatura alla Regione.

Si ricorda che oltre a predisporre e trasmettere i risultati alla Regione, il Comune ha anche l'obbligo di comunicare e divulgare gli esiti della mappatura alla popolazione, prevedendo un periodo di consultazione. La partecipazione attiva e consapevole del pubblico, da perseguire soprattutto nella fase progettuale di redazione dei piani d'azione, è uno dei pilastri della politica comunitaria di lotta al rumore.

I contenuti e le procedure per l'esecuzione della mappatura acustica sono sommariamente descritti negli Allegati 4 e 6 del D.Lgs. 194/2005. Il decreto prevedeva l'emanazione di linee guida più dettagliate da parte del Ministero dell'Ambiente e del Territorio che ad oggi non sono ancora state emanate.

A fronte del sussistere di un quadro operativo con diverse incertezze tecniche ed interpretative, un meritorio contributo chiarificatore è venuto dalla Regione Lombardia. Il documento: *"Mappatura acustica delle infrastrutture stradali (D.Lgs. 194/2005). Specifiche per la fornitura dei dati alla Regione Lombardia",* della DG Qualità dell'Ambiente della Giunta Regionale, ha uniformato, almeno a livello regionale, i comportamenti e le modalità di lavoro di tecnici e gestori. In particolare la regione ha ufficializzato l'utilizzo del documento "GoodPractice Guide for Strategic NoiseMapping and Production of Associated Data on NoiseExsposure - Version 2" del gennaio 2006. Questo documento, elaborato da un gruppo di lavoro sovranazionale gestito dalla Commissione Europea, condensa gli sforzi di approfondimento e risoluzione delle problematiche relative all'interpretazione della direttive ed all'esecuzione della mappatura acustica.

La predisposizione della mappatura acustica delle strade del Comune di Bisuschio è stata realizzata in piena coerenza con le indicazioni degli Allegati 4 e 6 del D.Lgs. 194/2005 e con le linee guida regionali ed europee. La Regione Lombardia ha inteso associare alla consegna degli elaborati relativi alla mappatura acustica prevista per gli assi principali, anche la verifica del rispetto dei limiti previsti dal DPR 30/03/2004 n. 142: "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare", normativa strettamente nazionale ancora in vigore nonostante il recepimento della Direttiva 2002/49/CE.

3 Descrizione dell'infrastruttura stradale

3.1 Caratteristiche del territorio e dell'infrastruttura

Il Comune di Bisuschio (VA) è caratterizzato da un'unica infrastruttura con flusso veicolare maggiore di 3.000.000 di veicoli all'anno. Tale infrastruttura è la SS344 di Porto Ceresio, che lo attraversa per tutta la sua estensione da Nord a Sud.

LA SS344 di Porto Ceresio (IT_a_rd0149001)

La Strada Statale 344 di Porto Ceresio ha origine a Nord di Varese, tocca i comuni di Induno Olona, Arcisate, Bisuschio, Besano e giunge a Porto Ceresio, paese che si affaccia sulla sponda sud-ovest del Lago di Lugano, e termina, poi, al Confine di Stato di Porto Ceresio, dove entra in Svizzera.

La strada funge da collegamento tra Varese e la Svizzera. Per quasi l'intero percorso, il limite di velocità è di 50 km/h, ad eccezione della variante di Induno Olona (70 km/h) e un brevissimo tratto tra Bisuschio e Besano (90 km/h). Il tratto che attraversa il Comune di Bisuschioha un'estensione di circa 1.88 km e un flusso di traffico annuale pari a 5.810.000 veicoli.

La competenza ANAS inizia al km 2,918 e termina al km 12,862. I primi chilometri ricadono nel territorio comunale di Varese e sono interessati da un traffico abbastanza intenso nelle prime ore del mattino e nel tardo pomeriggio. Nei chilometri successivi, il traffico assume caratteristiche prettamente turistiche e di confine, con picchi nell'arco dei fine settimana.

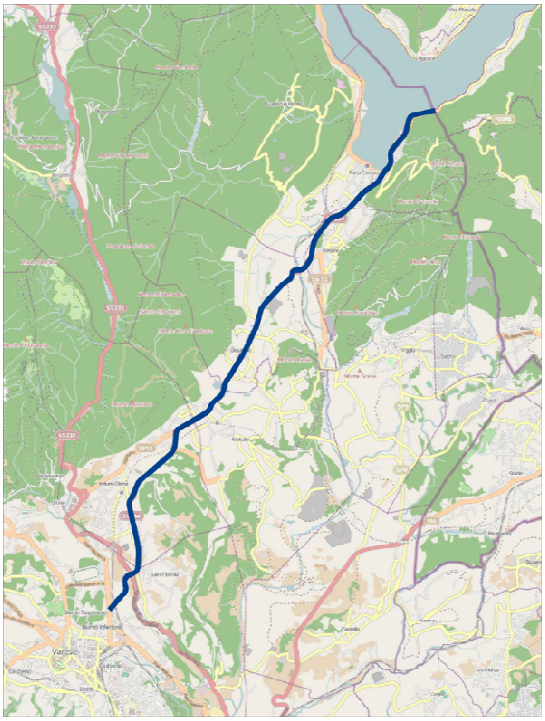


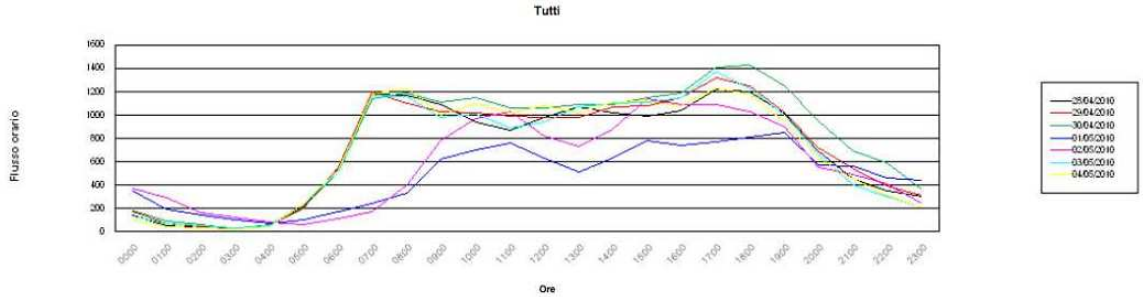
Figura 1 *– Estensione totale della SS344*

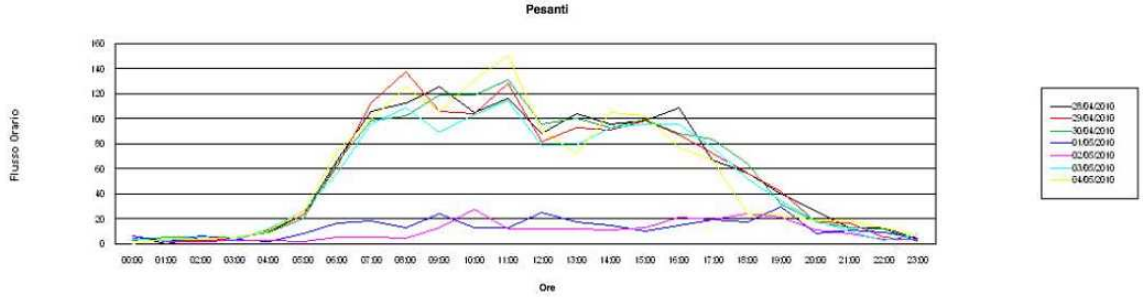
Il tratto di strada che attraversa il Comune di Bisuschio ha un'estensione di circa 1.88 km e un flusso di traffico annuale pari a 5.810.000 veicoli. Di seguito sono riportate alcune tabelle illustranti i grafici e le medie giornaliere per la strada in questione (rilievi eseguiti dalla Provincia di Varese nel 2010):

Medie giornaliere

	Leggeri	Pesanti	Tutti
00:00	197	3	201
01:00	110	2	112
02:00	66	4	69
03:00	42	4	46
04:00	46	8	53
05:00	160	18	178
06:00	364	49	414
07:00	817	76	893
08:00	851	86	937
09:00	857	83	941
10:00	892	86	978
11:00	848	95	942
12:00	856	67	923
13:00	851	68	919
14:00	912	72	983
15:00	975	74	1048
16:00	990	70	1060
17:00	1141	58	1199
18:00	1114	42	1156
19:00	962	31	993
20:00	660	16	676
21:00	493	13	506
22:00	392	8	400
23:00	289	4	293

Diurno	12064	907	12972
Notturno	2819	129	2948
00-24	14883	1037	15920





4 Caratterizzazione dell'area di indagine e relativi ricettori



Localizzazione di Bisuschio (VA)

Il Comune di Bisuschio è un centro di montagna, di origine medievale, caratterizzato da un assetto economico prevalentemente industriale e da un discreto sviluppo nel settore turistico e del commercio. Si trova a Nord rispetto al capoluogo di Provincia Varese e conta una popolazione di 4293 abitanti e una superficie di 7,03 km quadrati. Il territorio comunale comprende anche le frazioni di Piamo, Pogliana, Ravasina,Rossaga,Ponte. Gli edifici che compongono la rete urbanistica sono prevalentemente residenziali, con alternanza di qualche attività commerciale o produttiva di dimensione medio-piccola.

Il territorio comunale è caratterizzato da un profilo abbastanza vario, che passa da un minimo di 325 metri ad un massimo di 1.042 metri. Da molti anni il centro è interessato da un notevole fenomeno di espansione edilizia.

Sul territorio sono presenti dei ricettori sensibili quali due scuole e un centro psichiatrico diurno.

5 Metodi di calcolo e modelli applicati

La costruzione della mappatura acustica degli assi con traffico superiore ai 3.000.000 veicoli annuali gestiti dal Comune di Bisuschio, ha seguito il percorso illustrato di seguito.

E' stata eseguita una campagna di misure a scopo di raccolta di informazioni relative allo stato di clima acustico del territorio e a scopo di taratura del modello di simulazione acustica e validazione finale dei dati ottenuti. La campagna di misura è stata effettuata programmando un alto numero di rilievi fonometrici estesi su tutto il territorio comunale.

Limitando la descrizione al percorso intrapreso per la costruzione della mappatura acustica, i principali passi intrapresi sono stati i seguenti.

- Caratterizzazione delle sorgenti. Per ogni tratto stradale in oggetto si è così proceduto: attualizzazione dei valori orari di traffico, attribuzione della velocità media di percorrenza, caratterizzazione del percorso stradale.
- Basi dati Territoriali. Costruzione delle basi dati informative territoriali per l'individuazione dei recettori sensibili.
- Modello. Applicazione di un modello a griglia per la determinazione della distribuzione spaziale dei livelli di *Lden*e*Ln* attorno alle infrastrutture. Validazione dei risultati anche per mezzo del confronto con gli esiti delle misure effettuate in campo.
- Mappatura acustica. Classificazione degli edifici sulla base del criterio della facciata più esposta, sia rispetto a *Lden*che a *Ln*; calcolo delle superficie e del numero di edifici compresi tra due isofone di *Lden*.
- Stime della popolazione esposta.

5.1 Caratterizzazione delle sorgenti

Il tracciato degli assi stradali oggetto del presente studio è stato ricavato dalla cartografia in formato shapefile presente nel Database Topografico della Lombardia, essendo il Comune di Bisuschio sprovvisto di un sistema cartografico digitale.

Il tematismo di partenza è stato elaborato al fine di ottenere un file contenente i dati morfologici ed urbanistici nel formato e con le informazioni richieste dal software che implementa il modello di diffusione del rumore. Le principali elaborazioni eseguite sono state le seguenti:

- Verifica della continuità topologica degli archi relativi ad ogni singola strada ed eliminazione delle eventuali interruzioni dovute ad errori di digitalizzazione;
- Eliminazione dei nodi di interruzione associati a discontinuità non significative da un punto di vista dell'emissione di rumore: passaggi a livello, ponti, manufatti, ecc.
- Suddivisione degli archi stradali unicamente in relazione a variazioni che hanno effetto sulla produzione di rumore: variazione dei limiti di velocità, intersezioni che comportano una variazioni del traffico, attraversamento dei centri urbani;

- Attribuzione agli archi di ogni strada dei valori orari di flusso suddivisi tra veicoli pesanti e veicoli leggeri. L'attribuzione è avvenuta a partire dai dati di censimento esistenti.

I dati di traffico sono stati ricavati da sopralluoghi di ANAS degli anni precedenti. Le strade in questione sono state censite ripetutamente ed i valori di traffico considerati sono quindi aggiornati ed affidabili.

Ad ogni arco sono stati associati i valori di velocità. Ai tratti urbani, o in presenza di specifici limiti, si è attribuita la velocità in funzione delle caratteristiche stradali e del raffronto con i risultati forniti dalla campagna di misure.

5.2 Base dati territoriali

Al fine di una modellizzazione più dettagliata possibile della propagazione del rumore prodotto dalle infrastrutture si è deciso di realizzare un modello del territorio circostante le strade che tenesse in conto ogni singolo edificio presente. Il modello del territorio include tutti i dati relativi alla morfologia del territorio ed allo stato urbanistico relativo agli edifici ed ai canali di traffico da analizzare.

L'area da "mappare" è stata individuata nella totalità del territorio comunale.

I poligoni degli edifici sono stati caratterizzati attraverso i seguenti attributi: identificativo univoco dell'edificio, altezza dell'edificio, coefficiente di riflessione, tipologia destinazione d'uso, eventuale tipologia recettore sensibile.

Il sistema di riferimento adottato è il WGS84.

5.3 Modello e sua implementazione

In letteratura esistono numerosi modelli d'emissione e diffusione del rumore stradale, da quelli adottati ufficialmente dalle amministrazioni statali di diverse nazioni, a quelli proposti da centri di ricerca o da aziende private. La maggior parte di questi modelli sono implementati all'interno d'applicativi software commerciali o pubblici, che ne rendono agevole l'utilizzo, la presentazione dei risultati e l'esportazione dei dati.

In attesa della definizione di un modello unificato europeo per la stima del rumore prodotto dal traffico stradale, la direttiva 2002/49/CE sul rumore ambientale ha adottato il modello ufficiale francese «NMPB-Routes-96 (SETRACERTU-LCPC-CSTB)», citato nell'«Arrètèdu 5mai 1995 relatifaubruitdesinfrastructuresroutieres, Journal Officieldu 10 mai 1995, article 6» e nella norma francese «XPS 31-133». I dati d'ingresso concernenti l'emissione sono definiti nel documento «Guidedubruitdestransportsterrestres, fasciculeprevisiondesniveauxsonores, CETUR 1980».

Secondo la direttiva, il modello NMPB-Routes-96 deve essere utilizzato dalle nazioni che, come l'Italia, non hanno un proprio modello ufficiale.

L'applicazione effettiva del modello è avvenuta utilizzando un programma commerciale appositamente predisposto per la simulazione acustica. Il programma utilizzato è stato SoundPLAN.

Nei moduli di calcolo di SoundPLAN sono presenti e implementati decine di standard nazionali deliberati per il calcolo delle sorgenti di rumore, compreso il modulo «NMPBRoutes- 96 (SETRACERTU-LCPC-CSTB)», utilizzato per la redazione delle mappature in oggetto.

SoundPLAN è un prodotto per il calcolo e la previsione della propagazione nell'ambiente del rumore derivato da: traffico veicolare, traffico ferroviario, traffico aeroportuale, insediamenti industriali, sorgenti puntuali, areali e lineari. Può inoltre essere utilizzato per il calcolo di barriere acustiche e degli effetti prodotti dal loro inserimento.

La modellizzazione acustica di SoundPLAN è in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti, fornendo i livelli globali e la loro scomposizione direzionale.

Generalmente i valori prodotti da un modello sono caratterizzati da un fondo d'incertezza e perciò devono essere sempre sottoposti al vaglio critico d'esperti e soprattutto essere validati dal raffronto con la situazione reale misurata in campo.

5.4 Software implementazione modello

I descrittori acustici da utilizzare per la mappatura acustica sono: il livello giorno-sera-notte (Lden) ed il livello notte (Ln), entrambi espressi in dBA. La Direttiva prevede che il livello giorno-sera-notte si ottenga dalla combinazione del livello giorno (Lday), del livello sera (Levening) e del livello notte (Ln) secondo la seguente formula, che combina i 3 livelli calcolati nel corso delle 24 ore, penalizzando i livelli sera e notte rispettivamente di 5 e 10 dBA.

$$L_{den} = 10 * \log_{10} \frac{1}{24} \left(n_d * 10^{L_{day}/10} + n_e * 10^{L_{evening+5}/10} + n_n * 10^{L_{night+10}/10} \right)$$

dove, secondo la ripartizione delle 24 ore giornaliere adottata dall'Italia, valgono le seguenti definizioni:

- Lday : è livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi diurni di un anno;
- Levening : è livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi serali di un anno,
- Lnight : è il livello sonoro medio a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi notturni di un anno;
- nd: è il numero di ore del periodo diurno (dalle 06:00 alle 20:00);
- ne: è il numero di ore del periodo serale (dalle 20:00 alle 22:00);
- nn: è il numero di ore del periodo notturno (dalle 22:00 alle 06:00).

5.5 Parametri di calcolo

All'interno del modulo di SoundPLAN di implementazione del modello «NMPB-Routes-96 (SETRACERTU-LCPC-CSTB)» sono stati impostati i seguenti parametri di calcolo.

- Griglia di calcolo. La griglia è costituita da un reticolo con maglia 10 metri. All'interno di ogni maglia della griglia di calcolo, SoundPLAN utilizza una sotto-griglia costituita da 81 (9x9) ricettori interni. Il calcolo è fatto per ogni elemento della sotto-griglia e poi per interpolazione è determinato il valore attribuito al centroide dalla griglia di calcolo. Impostando i parametri

"min/max" e "differenza", rispettivamente uguali a 10 e 0,15 dBA, si ottiene una precisione elevata. I parametri stabiliscono che tra gli angoli di ciascuna cella non ci siano più di 10 dBA di differenza, e che la differenza tra valore interpolato e calcolato sia minore di 0,15 dBA.

- Parametri meteorologici. I parametri meteorologici da considerare in input sono l'umidità relativa, la temperatura e la pressione atmosferica. In mancanza di dati meteo climatici ufficiali annui, sono stati inseriti i seguenti valori standard:

  - Umidità relativa: 70 %
  - Temperatura atmosferica: 15 °C
  - Pressione atmosferica: 1013.25 hPa
  - Velocità e direzione vento: Nessuna

- Altezza dal suolo. La mappa del rumore è calcolata ad un'altezza di 4 metri dal suolo. Il terreno è stato considerato ad altezza variabile secondo quanto riportato negli elaborati di shapefiles relativi alla stesura delle isoipse e le strade sono state ipotizzate pari alla situazione reale, ricreando quote, rilevati, sistemi di barriere e quant'altro riportato negli ulteriori shapefiles dedicati.

5.6 Modellizzazione degli elementi territoriali

Attorno all'asse stradale sono stati considerati gli elementi territoriali di seguito descritti, opportunamente modellizzati tenendo conto delle loro caratteristiche geometriche, morfologiche ed acustiche.

- Strade. Per ogni strada sono stati inseriti in SoundPLAN i principali parametri morfologici e strutturali: il numero di corsie, la larghezza d'ogni corsia e la tipologia di asfalto utilizzata.

- Edifici. Gli edifici presenti nel territorio comunale sono stati georeferenziati e inseriti all'interno di un apposito file relativo a morfologia del territorio ed edifici creato in SoundPLAN. Gli edifici sono stati considerati edifici "standard", cioè senza fonte di emissione e con coefficienti di riflessione superficiale esterno pari a 1. Gli edifici sono modellati come parallelepipedi aventi dimensioni di base uguali alle dimensioni riportate negli shapefiles di riferimento.
- Interventi di mitigazione del rumore in atto. Le barriere e gli interventi di mitigazione acustica attualmente presenti sul territorio sono state inserite nel modello di calcolo e rimandiamo ai capitoli successivi per una descrizione più approfondita.
- Suolo e vegetazione. L'attribuzione delle caratteristiche acustiche del territorio circostante le infrastrutture è avvenuta sulla base dell'uso del suolo indicato dalla cartografie e dagli aerofotogrammetrici disponibili.

5.7 Costruzione della mappatura acustica

SoundPLAN implementa un modello di calcolo "a griglia". Il risultato della simulazione è costituito da una griglia a maglie quadrate di lato 10 metri, posta a 4 metri dal suolo, che copre tutta l'area d'interesse. In ogni punto d'incrocio della griglia, il software calcola il valore dei Lday, Levening e Ln, più il valore di Lden ottenuto da questi applicando la formula vista ai paragrafi precedenti.

Il valore dei descrittori in ogni punto dipende dall'intensità della sorgente, dalla distanza del punto considerato dalla sorgente, dagli eventuali ostacoli presenti, dai coefficiente di riflessione/assorbimento delle superfici poste nelle vicinanze.

La griglia dei valori risultanti è georeferenziata e può essere esportata da SoundPLAN come mappa del rumore e come tabella convertibile in file excel. Partendo dalla tabella è possibile ricavare il numero degli edifici ricadenti in questa superficie a determinati intervalli di isofoniche successive sia nell'ambito Lden che nell'ambito Lnight e, conoscendo il numero di residenti d'ogni edificio, la popolazione compresa nell'intervallo che separa le curve isofoniche.

Conoscendo il numero di residenti degli edifici è immediato calcolare il numero degli abitanti esposti. Il metodo di stima dei residenti appena esposto si basa sul criterio della presenza degli edifici all'interno di zone del territorio associate a intervalli di livelli del descrittore acustico Lden (criterio della presenza). Al fine della mappatura acustica, il D.lgs.194/2005 esige che gli edifici (e quindi i loro residenti) siano acusticamente classificati anche sulla base del criterio del "livello della facciata più esposta".

Una volta assegnato ad ogni edificio il valore della faccia più esposta, gli edifici possono essere raggruppati per intervalli di livello dei descrittori acustici. Conoscendo la distribuzione dei residenti tra i diversi edifici si può ottenere il numero di persone che occupa edifici esposti a ciascuno dei seguenti intervalli di livello Lden: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75 dB(A) e che occupa edifici esposti a ciascuno dei seguenti intervalli di livello Ln: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70 dB(A).

Sono stati recepiti gli eventuali piani di risanamento presentati dalle aziende presenti sul territorio comunale.

5.8 Mappe di rumore

I valori di Ln calcolati da SoundPLAN coincidono con i valori di livello equivalente, Leq(A)n, previsti dalla normativa italiana come indicatore del rumore prodotto da una strada nel periodo notturno. Approfittando della libertà data dalla Direttiva in tal senso ai singoli stati, il D.lgs. 194/05 ha fatto coincidere l'inizio e la durata del periodo di riferimento di Ln con quelli già previsti per il periodo notturno, cioè dalle ore 22:00 alle ore 6:00.

Il periodo diurno invece, secondo la normativa italiana, è formato da un unico intervallo di tempo che inizia alle ore 06:00 e termina alle ore 22:00. La direttiva spezza invece la parte diurna della giornata in due parti, introducendo il periodo serale (evening). Il livello equivalente diurno, Leq(A)d, può comunque essere ancora ottenuto dai risultati del modello NMPB-Routes-96 forniti da SoundPLAN combinando i valori di Lday e Levening con la seguente formula di somma pesata:

$$Leq(A)_d = 10 * \log \frac{1}{16} \left(14 * 10^{L_{day}/10} + 2 * 10^{L_{evening}/10} \right)$$

5.9 Grandezze considerate ai fini dell'attenuazione acustica

- Direttività della sorgente

Il modello matematico riporta fedelmente la situazione emissiva delle sorgenti includendo la distribuzione in frequenza. Per emissioni particolarmente concentrate sulle medie ed alte frequenze, si nota che l'emissione acquista una certa direttività, ovvero una direzione preferenziale di emissione.

In questi casi sarà quindi necessario tenere conto della eventuale direzionalità della sorgente e considerare come livello di potenza sonora non tanto quello globale fornito ma un livello corretto che tenga conto della direttività

$L_{WD} = L_W + D_C$

dove:

L_{wd} è il livello di potenza sonora corretto (dB);
L_W è il livello di potenza sonora medio (dB);
D_C è la correzione da applicare al livello di potenza sonora (dB).

La condizione in cui il fattore correttivo D_C=0 dB indica che la sorgente è omnidirezionale, ossia che l'emissione della sorgente è uniforme in tutte le direzioni senza alcuna particolare preferenza per una direzione particolare.

I termini che compongono D_C sono fondamentalmente due: l'indice di direttività *(directivityindex*D_I) e l'indice di emissione sull'angolo solido (D_Ω).

$D_C = D_I + D_\Omega$

Il fattore di correzione D_Ω sarà:

D_Ω= 0 dB emissione su 4 π radianti (radiazione sferica sull'intero spazio);
D_Ω = 3 dB emissione su 2 π radianti (una superficie riflettente);
D_Ω = 6 dB emissione su π radianti (due superfici riflettenti);
D_Ω = 9 dB emissione su π /2 radianti (tre superfici riflettenti).

Questi fattori correttivi vanno bene seguendo il metodo di calcolo proposto in queste pagine, in quando l'influenza dell'assorbimento del terreno viene tenuta in conto nei prossimi paragrafi. Nel caso di metodi diversi in cui l'attenuazione del terreno non viene contemplata i valori saranno i seguenti:

D_Ω = 0 dB emissione su 4π radianti (radiazione sferica sull'intero spazio);
D_Ω = 3 dB emissione su 2 π radianti (una superficie riflettente che non sia il terreno);
D_Ω = 3 dB emissione su π radianti (due superfici riflettenti di cui una il terreno);
D_Ω = 6 dB emissione su π radianti(due superfici riflettenti di cui nessuna sia il terreno);
D_Ω = 6 dB emissione su π /2 radianti (tre superfici riflettenti di cui una il terreno);
D_Ω = 9 dB emissione su π /2 radianti (tre superfici riflettenti).

Elementi di attenuazione sul percorso dell'onda acustica

Il livello di pressione sonora L_p presente nella posizione del ricevitore sarà fornita dal valore di partenza della potenza sonora a cui devono essere detratti i contributi di attenuazione.

$$L_p = L_{wd} + A$$

dove:

L_p è il livello di pressione sonora al ricevitore(dB);
L_{wd} è il livello di potenza sonora corretto (dB);
A è la correzione da applicare che tiene conto dei fattori di attenuazione (dB).
I fattori di assorbimento che concorrono nella formazione del nostro termine A possono essere riassunti nella seguente relazione:

$$A = A_{div}+A_{atm}+A_{ter}+A_{rifl}+A_{dif}+A_{misc}$$

dove:

A_{div} è l'attenuazione per la divergenza geometrica (dB);
A_{atm} è l'attenuazione per le condizioni meteorologiche (dB);
A_{ter} è l'attenuazione del terreno (dB);
A_{rifl} è l'attenuazione per la riflessione su ostacoli (dB);
A_{dif} è l'attenuazione per effetti schermanti (dB);
A_{misc} è l'attenuazione per effetti diversi (dB).

Le condizioni del vento non entrano in questo contesto supponendole di entità non influente, per aree ad intensa presenza di vento si correggerà la direzionalità di emissione della sorgente.

5.10 Specifiche del modello matematico usato

Il modello matematico per acustica usato è Soundplan ver. 6.4 agg. 2006 prodotto dalla Braunstein + BerntGmb.

E' il modello acustico più diffuso e testato nel mondo e consente attraverso i suoi moduli di poter sopperire a tutte le problematiche di emissione delle diverse sorgenti presenti sul territorio.

Tuttavia è opportuno verificare i dati di uscita, sia grafici che tabellari, a scopo di individuare eventuali imprecisioni e conseguenti correzioni. Per questo motivo è stato successivamente inserito un capitolo dedicato alle incertezze associate alle valutazioni.

5.11 Tecnica di ritracciamento dei raggi (*Raytracing*)

Nel calcolo del livello presente nei diversi punti della rappresentazione spaziale della zona è stata utilizzata la tecnica di ritracciamento.

Vengono in sostanza sparati dei raggi che partono dalle diverse sorgenti e quando un raggio colpisce un ostacolo il punto di proiezione diventa esso stesso una sorgente di tipo puntiforme.

Il modello riproduce l'emissione sonora mediante raggi e, nel momento in cui un raggio colpisce un ostacolo, l'ostacolo stesso diventa sorgente, riemettendo esso stesso un raggio. Il raggio viene riemesso dall'ostacolo con variazioni di intensità e direzione imposte dalla natura dell'ostacolo stesso.

La situazione viene descritta nella figura seguente.

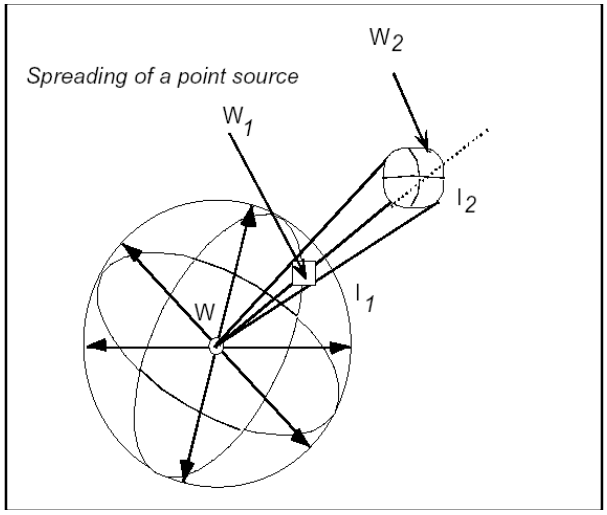


Figura 1 *– Emissione dei raggi di tracciamento*

Viene infine calcolato il contributo dei diversi raggi che arrivano all'ascoltatore ipotetico come somma energetica dei livelli.

5.12 Le tipologie di sorgenti

Le sorgenti possono essere considerate fondamentalmente di tre tipi:

- ✓ *puntiformi*
- ✓ *lineiformi*
- ✓ *areali*

Per quanto riguarda la modalità di propagazione delle sorgenti puntiformi, il modello riproduce la legge della divergenza geometrica, per la quale si ha che ad ogni raddoppio della distanza dalla sorgente si registra un'attenuazione di 6 dB del livello sonoro.

Nel caso di sorgente lineare, che è la componente modellistica rappresentativa di tutte le sorgenti viarie, si ha la situazione rappresentata nella figura di seguito.

Per le sorgenti areali la propagazione è una composizione delle diverse tipologie di sorgenti ed è un componente modellistica fondamentale nella riproduzione di impianti e strutture industriali.

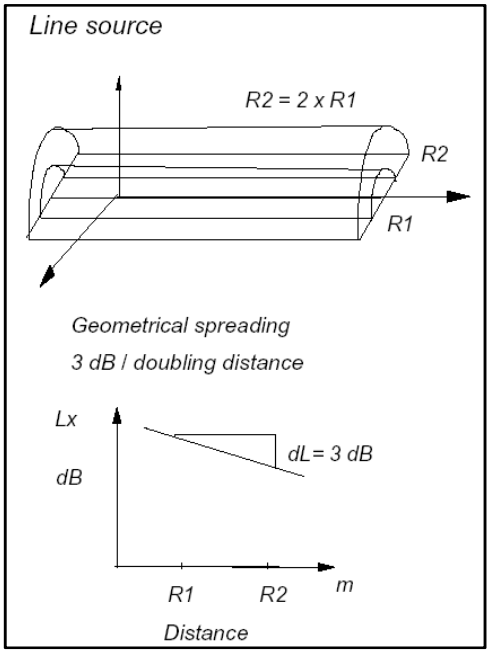


Figura 2 *– Emissione di una sorgente lineiforme*

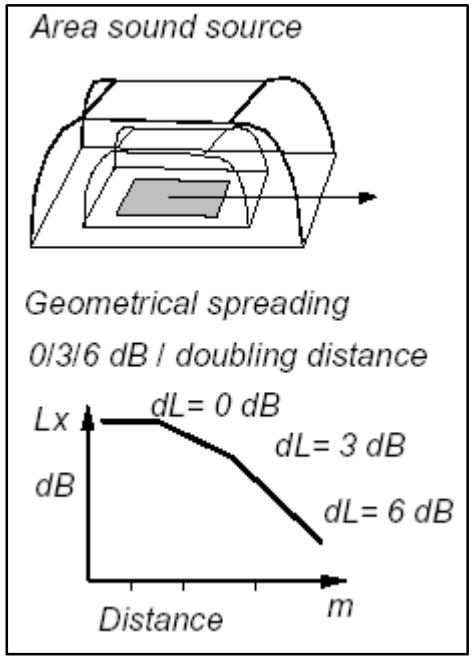


Figura 3 *– Emissione di una sorgente areale*

5.13 La diffrazione degli ostacoli

Elemento importante soprattutto per la caratterizzazione degli eventuali risanamenti sono le metodologie di calcolo per le barriere e gli eventuali ostacoli.

Nella figura sottostante si possono notare i diversi percorsi dell'onda acustica nel suo cammino quando incontra una barriera.

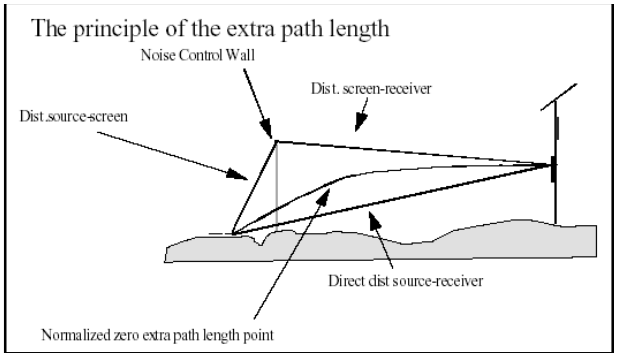


Figura 4 *– Diffrazioni verticali*

All'interno del programma di calcolo vengono considerate non solo le diffrazioni dei bordi superiori di eventuali ostacoli (barriere, edifici, ecc.) ma anche le diffrazioni laterali, cosa molto importante nel caso di strutture industriali.

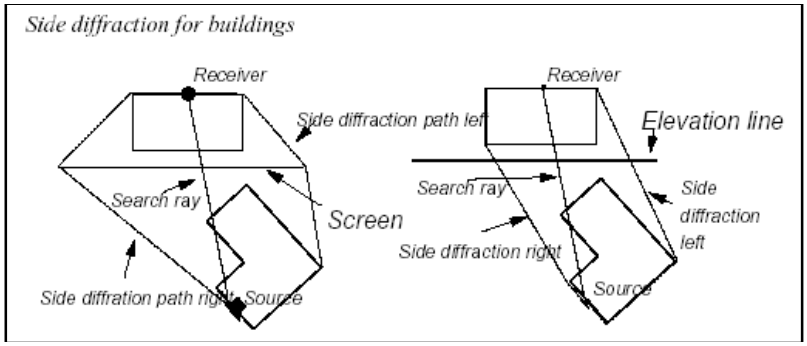


Figura 5 *– Diffrazioni laterali*

5.14 L'assorbimento di elementi

Lungo il suo percorso l'onda sonora può incontrare elementi che assorbono parte dell'energia come può avvenire nel caso di boschi o di aree particolari con moltitudine di ostacoli.

Nel programma è possibile considerare queste aree fornendo un valore di assorbimento per frequenza o semplicemente impostando la tipologia del fogliame.

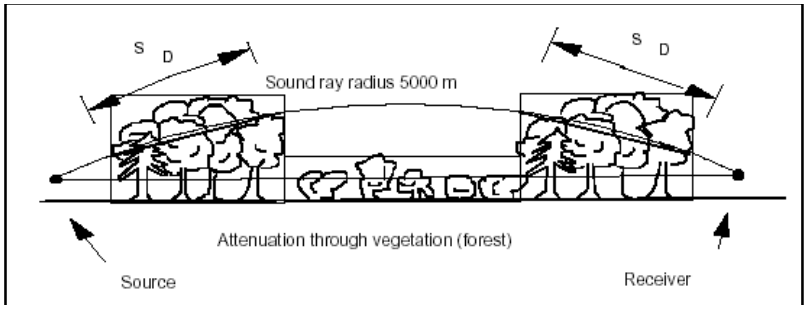


Figura 6 *– Calcolo di una mappa ad una certa quota dal terreno*

5.15 Quote di calcolo delle mappe

Le mappature sono ottenute ad una certa altezza relativa dal terreno in modo che anche in condizioni di morfologie particolari i livelli sono quelli che si misurerebbero andando su quel punto con un cavalletto di altezza pari alla quota scelta.

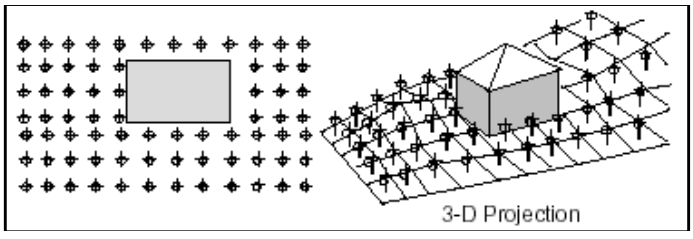


Figura 7 *– Calcolo di una mappa ad una certa quota dal terreno*

5.16 Riferimenti normativi del modello utilizzato

Il modello usato (Soundplan) risponde a diverse linee guida europee tra cui:

NMBP Route 96

CoRTN - Calculation of Road Traffic Noise

ISO 9613-1 "Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1"

ISO 9613-2 "Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2"

VDI 2714 "Sound propagation outdoors"

VDI 2720 "Noise control by screening"

RLS90 "Guideline for noise protection along highways"

SHALL 03 "Guideline for calculating sound immision of railroads"

VDI 2751 "Sound radiation of industrial buildings"

StatensPlanverk 48

Come previsto dal Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194, la linea guida utilizzata è la NMBP – Route 96.

Come illustrato nelle linee guida WG-AEN 2006, gli elementi che concorrono all'incertezza dei dati forniti da una valutazione previsionale possono essere fondamentalmente riassunti nei seguenti punti:

- stima delle incertezze dei dati di ingresso del modello;
- stima delle incertezze dei dati di uscita del modello (propagazione);
- caratterizzazione delle incertezze associate a diverse impostazioni del modello;
- caratterizzazione delle incertezze del modello derivanti da valori usati per la validazione dello stesso (taratura del modello con misure acustiche).

5.17 Stima delle incertezze dei dati di ingresso del modello

Esempio classico di queste problematiche sono i dati dei flussi di traffico, le cui incertezze, per loro natura, sono a loro volta legate al periodo scelto per la campagna di misura, al fatto che non tutti i veicoli vengono correttamente contati, alla difficoltà nella divisione delle categorie, alla particolare condizione del fondo stradale, al punto scelto per la misura che può non essere rappresentativo per tutta la tratta, ecc.

La sorgente viene supposta con distribuzione lineare (per alcuni modelli la distribuzione è pseudo-lineare) e quindi abbiamo una propagazione di tipo cilindrico.

Il modelli propagativi da cui, inseriti i dati di volume di traffico, velocità e composizione, si ottengono i livelli sonori, sono fondamentalmente empirici e quindi fortemente dipendenti dalla tipologia e dalla manutenzione delle autovetture che in alcune zone potrebbero essere diverse da altre: per esempio in paesi come la Germania abbiamo un numero limitato di piccole cilindrate rispetto al nostro paese.

Diventa difficile riprodurre la reale morfologia del territorio quando questo possiede una notevole variabilità: è il caso di zone con variazioni altimetriche, dove l'inserimento corretto dei valori di quota della strada e del terreno intorno creano non pochi problemi.

L'assorbimento del terreno è anch'esso uno dei parametri delicati difficile da quantificare.

Altri elementi che sono difficili da valutare se non misurati secondo specifiche normative in materia sono le potenze sonore associate alle specifiche sorgenti.

Questo elemento richiede forzatamente la distribuzione spettrale di emissione perché nei processi di propagazione la lunghezza d'onda è la componente che determina i fattori diffrattivi.

5.18 Stima delle incertezze dei dati di uscita del modello

Qui entrano in gioco i diversi parametri illustrati nel capitolo precedente e quindi tutto ciò che è collegato alla propagazione sonora vista dal modello.

In questo caso, per quanto sopra esposto, diventa difficile quantificare in modo preciso e numerico i diversi parametri che concorrono a determinare l'incertezza dei valori di uscita di una simulazione matematica. In particolare sono così diversi i comportamenti umani di fronte a queste problematiche che conviene considerare questo parametro come un'incertezza di ***Tipo B***.

Un'analisi delle differenze ottenibili dai diversi modelli matematici fu sviluppata nel 1995 al congresso dell'Associazione Italiana di Acustica" (supplemento degli atti del congresso), la memoria era "INTERCOMPARITION OF TRAFFIC NOISE COMPUTER SIMULATION" – R. Pompoli, A. Farina, P. Fausti, M. Bassanino, S. Invernizzi, L. Menini.

A questo test parteciparono 23 soggetti che attraverso i diversi modelli posseduti fornirono i risultati su situazioni semplici predefinite dagli autori.

Nella figura sottostante riportiamo dal quella memoria i grafici dei risultati su tre posizioni diverse di una simulazione.

Sulle ascisse abbiamo il numero del partecipante al test mentre sulle ordinate il livello previsto in un particolare punto ad una certa distanza dall'infrastruttura viaria.

Come si può osservare le differenze possono essere anche maggiori di 10 dB(A).

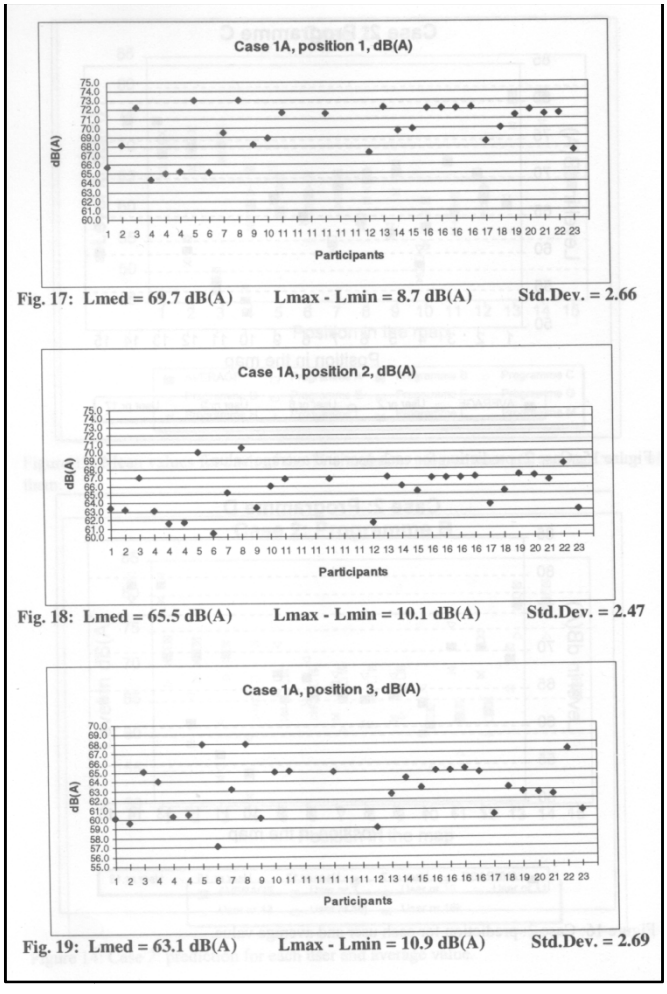


Figura 8 *– Grafici: incertezze associate a tre posizioni di simulazione*

5.19 Caratterizzazione delle incertezze associate a diverse impostazioni del modello

Sul mercato sono presenti diversi Software di modellizzazione acustica ed all'interno di ognuno vi sono diversi moduli, diverse varianti agli algoritmi di calcolo e diversi riferimenti normativi. A scopo di scelta di un modello e dell'attribuzione dell'algoritmo di calcolo all'interno di esso, è importante l'esperienza dell'utente

che, oltre a possedere il titolo di tecnico competente ai sensi di legge, deve altresì avere una conoscenza profonda delle problematiche di propagazione delle onde sonore.

Prendiamo ad esempio una situazione semplice:

- *strada extraurbana;*
- *10.000 veicoli sulle 24 ore di cui 9360 dalle ore 6 alle 22 e 640 dalle ore 22 alle 6;*
- *20% di veicoli pesanti di giorno;*
- *10% di pesanti di notte;*
- *velocità veicoli leggeri 70 km/h;*
- *velocità veicoli pesanti 50 km/h;*
- *simulazioni eseguite a 4 metri di altezza a distanza di 25, 50 e 100 metri dalla strada.*

Nella tabella seguente è possibile osservare i valori ottenuti usando lo stesso modello ma con i riferimenti normativi diversi.

Norma	***Diurno a 25 m***	***Notturno a 25 m***	***Diurno a 50 m***	***Notturno a 50 m***	***Diurno a 100 m***	***Notturno a 100 m***
RLS 90	*66.6*	*56.1*	*61.4*	***50.8***	*57*	*46.4*
DIN 18005	*67.6*	*56.8*	*63.6*	*52.8*	*59.1*	*48.3*
Nordic	*70.0*		*64.8*		*58.4*	
RVS	*64.4*	*58.2*	*60.4*	*54.2*	*56.2*	*50*
NMPB	*72.5*	*61.7*	*67.4*	*56.5*	*60.8*	*49.9*

Tabella 1 *– Riferimenti normativi e confronto con diversi modelli*

Come si può notare anche solo il diverso utilizzo di una linea guida rispetto ad un'altra fornice dati molto differenti.

La stessa NMBP Route 96 francese ha diversi problemi e non risponde propriamente alle aspettative di accuratezza che si dovrebbe avere in casi dove il valore ottenuto dovrà servire a dimensionare le relative opere di mitigazione.

Dopo 20 anni di monitoraggi svolti su tutto il territorio nazionale possiamo dire che le modellazioni del rumore emesso da una strada, ricavate dalla sola conoscenza dei flussi di traffico, forniranno sempre valori errati. Sono comunque sempre necessarie le misurazioni acustiche per una effettiva taratura del modello.

5.20 Elementi che intervengono nella stima delle incertezze

I problemi relativi all'accuratezza delle misure usate per la taratura del modello ricadono automaticamente sull'incertezza globale della stessa simulazione.

I parametri di cui tener conto sono diversi ed in particolare abbiamo:

- *l'incertezza dello strumento;*
- *l'incertezza del sistema microfonico per esterni;*
- *la variabilità dell'emissione della sorgente;*
- *le condizioni atmosferiche;*
- *la direttività dell'onda sonora incidente;*
- *il campo sonoro nel punto di misura.*

Incertezza dello strumento

I dati di input del modello coinvolgono rilievi fonometrici eseguiti in sito. Per questo motivo l'incertezza degli strumenti di misura ha un ruolo importante nella taratura del modello matematico. Gli strumenti devono essere tarati periodicamente presso centri accreditati. La sola parte di analisi del segnale, il corpo dello strumento con il suo sistema di alimentazione senza microfono, una volta verificata e tarata, ha un notevole livello di accuratezza, contenuto entro i 0,3 dB(A).

Incertezza della parte microfonica

Questa parte è sicuramente quella che della catena strumentale può avere più problemi. Infatti dobbiamo pensare che il microfono ed in particolare la membrana è sottoposta a escursioni termiche notevoli e non sempre il funzionamento continua a essere lineare. Anche l'umidità incide pesantemente sulla risposta del microfono in quanto questo è fondamentalmente un condensatore che ha come dielettrico l'aria e quando questa è umida variano le condizioni di movimento della membrana e della conducibilità dielettrica.

Dalle osservazioni svolte in molti anni di misure e in molteplici verifiche su sistemi di monitoraggio per esterni, la variabilità di risposta dei microfoni per esterni può essere contenuta entro 1 dB(A).

Variabilità delle condizioni emissive della sorgente

Se non avvengono fatti strani, come ad esempio per un'infrastruttura può essere un incidente stradale (anche se questi sono all'ordine del giorno), la ripetibilità emissiva di un insieme di sorgenti sul territorio è notevole e da giorno a giorno (almeno per i feriali) abbiamo valori medi globali che si discostano entro 1 dB(A).

La maggior variabilità del rumore emesso la si ha nel periodo notturno, dove i flussi di traffico sono di molto inferiori a quelli diurni e le velocità salgono.

Variabilità delle condizioni atmosferiche

Per il fatto stesso che le misure vengono eseguite all'aperto, questi elementi sono più importanti di quanto sembri. Una variazione della velocità dell'aria, anche modesta, può comportare una variazione di livello di alcuni dB(A), per cui è bene che le misure avvengano in condizioni pressoché stabili.

In condizioni di controllo dei parametri dove si hanno temperature comprese tra i 5 e i 35 °C, velocità dell'aria inferiore a 1 m/s e umidità compresa tra il 30 e il 90% con un normale sistema per esterni possiamo stare sotto un'incertezza di 0,5 dB(A).

Direttività dell'onda acustica incidente

Questa componente non è di grande rilevanza quando parliamo di rumore proveniente da infrastrutture viarie (che costituiscono, statisticamente, un contributo pari al 90% del clima acustico del territorio) in quanto le frequenze in gioco vanno dai 100 ai 1000 Hz.



Campo sonoro nel punto di misura

Questo elemento può avere una certa importanza se nelle vicinanze del punto di misura vi sono superfici riflettenti. Sicuramente i valori rilevati ad una stessa distanza dal bordo dell'infrastruttura ma in due contesti di campo sonoro diversi possono portare a differenze di alcuni dB(A).

L'importante è che se questa misura è finalizzata alla taratura del modello matematico, ne si tenga conto in fase di simulazione.

5.21 Incertezze associate ai diversi parametri

Considerando un'equazione generale in cui il livello di pressione sonora misurato presso un ricettore è funzione dei parametri visti avremo

$$L_p = L_{wd} + \delta L_w \gamma_T \gamma_P - A_{div} - A_{atm} - A_{ter} - A_{rifl} - A_{dif} - A_{misc}$$

dove:

$^{TM}L_w$ è la variabilità del livello emesso dalla sorgente;
$©_T$ è il termine che tiene conto del tempo di misura scelto pari a $10^{-3(T_M/T_R)}$;
$©_P$ è il termine che tiene conto del punto di misura scelto in relazione alle sorgenti sonore.

Introduciamo alcuni elementi di semplificazione nella equazione per cui supporremo che la misura non venga eseguita a grandi distanze dalla sorgente ($A_{atm}=0$, $A_{ter}=0$, $A_{misc}=0$), che non vi siano particolari ostacoli in vicinanza della sorgente o del ricettore ($A_{dif}=0$), così pure che non vi siano strutture riflettenti ($A_{rifl}=0$), e quindi sostanzialmente di eseguire la misura cercando le condizioni di campo libero.

$$L_p = L_{wd} + \gamma_T \gamma_P \delta L_w - 20 \log r - 11$$

Variabilità del fenomeno acustico L_{wd}

Questo dato è ricavabile dall'analisi statistica dei campioni di tempo memorizzati. Il termine sarà ricavabile dalla radice quadrata della varianza $s^2(L_p)$.

Variabilità della presenza delle sorgenti sonore nella zona di misura $©_P$

E' un dato variabile che assume valori tra 0.2 e 4 in relazione alla presenza di sorgenti infrastrutturali. Non è utilizzabile per sorgenti industriali dove non se ne conosce il ciclo produttivo.

Quando nelle tabelle viene specificato "zone vicine" si intende che il punto di misura è a meno di 60 metri dalla sorgente specifica.

In situazione equidistanti da due tipologie la stima di C_P può essere il valore medio dei due valori.

Tipologia di zona	C_P
Zone con assenza di sorgenti	0.7
Zone interessate da strade urbane a basso flusso	0.3
Zone interessate da strade di scorrimento extraurbane	0.4
Zone vicine al passaggi di treni	1.5
Zone vicine ad impianti industriali a rumore stazionario	0.4

Tabella 2 – Fattore C_P in ambito diurno

Tipologia di zona	C_P
Zone con assenza di sorgenti	0.9
Zone interessate da strade urbane a basso flusso	1.5
Zone interessate da strade di scorrimento extraurbane	1.4
Zone vicine al passaggi di treni	1.5
Zone vicine ad impianti industriali a rumore stazionario	0.4

Tabella 3 – Fattore C_P in ambito notturno

Variabilità del valore ottenuto in relazione al tempo di misura scelto di misura C_T

Il dato misurato su un tempo inferiore al tempo di riferimento è chiaramente soggetto ad una incertezza legata al rapporto tra questo tempo e quello di riferimento. Abbiamo considerato come periodo possibile in cui effettuare il campionamento quello ordinario lavorativo 8.30-12.00, 14.00-18.00, con misure non inferiori ai 15 minuti. Il termine assumerà valore

$$\gamma_T = 10^{-3\frac{T_M}{T_R}}$$

Questo dato mantiene comunque una sua incertezza anche se il tempo di misura coincide con il tempo di riferimento. Infatti pur essendo il dato statistico sufficientemente rappresentativo non si verificherà mai lo stesso valore. Il valore di una misura eseguita il mercoledì non sarà lo stesso del giovedì e differirà comunque molto rispetto al fine settimana.

Incertezza nella determinazione della distanza dalla sorgente *r*

L'incertezza associata a questa grandezza ha una notevole influenza sulle fasi successive, in particolare per la modellazione acustica.

Sbagliare di qualche metro su distanze considerevoli implica errori di pochi decimi di dB ma se la distanza è di decine di metri o meno la situazione cambia. In particolare è sempre difficile stimare la distanza del punto di misura da una strada o da una ferrovia se non si hanno dei riferimenti GPS.

Incertezza della strumentazione L_{ps} e L_{cal}

Includiamo in L_{ps} l'incertezza globale del fonometro nella sua misura e in L_{cal} le incertezze legate al calibratore e alle operazioni di calibrazione.

I dati sono desumibili dai certificati di calibrazione dove abbiamo per il fonometro 0.69 dB nel range da 25 Hz a 8 kHz, e per il calibratore 0.2 dB.

5.22 Calcolo delle incertezze associate alle misure

Tenuto conto delle grandezze che intervengono nella determinazione del misurando, l'incertezza associata alle misure acustiche può essere espressa attraverso la relazione seguente

$$u^2(y)=\sum_{i=1}^{n} u_i^2(y)$$

La quantità $u_i(y)$ (i = 1, 2, .., N) è il contributo all'incertezza standard associata al valore stimato y di *output* risultante dall'incertezza standard associata x_i

$$u_i(y)=c_i u(x_i)$$

dovec_i è il coefficiente di sensibilità associato al valore stimato di *input*x_i, ad esempio la derivata parziale della funzione modello f rispetto ad X_i, valutata al valore stimato di *input*x_i,

$$c_i=\frac{\partial f}{\partial x_i}=\frac{\partial f}{\partial X_i}|X_i=x_1 \ldots X_N=x_N$$

Il coefficiente di sensibilità c_i descrive l'estensione con la quale il valore dei dati di uscita y è influenzato dalle variazioni del valore stimato di *input*x_i. Nel nostro caso, con le ampiezze di incertezza espresse nei punti precedenti, in condizioni meteo normali abbiamo un'incertezza totale sulla misura acustica pari a

Possiamo considerare linearmente indipendenti i fattori che hanno determinato l'equazione per cui l'incertezza tipo composta risultante dalle grandezze di ingresso fin qui viste può essere esprimibile nella forma seguente

$$u_c^2(L_p)=\gamma_P^2\gamma_T^2 u^2(\delta L_w)+\left(\frac{\partial L_p}{\partial r}\right)^2 u^2(r)+u^2(L_{ps})+u^2(L_{cal})$$

In questa equazione supporremo che la misura di L_{wd} attraverso la pressione L_p sia esatta (a meno dell'incertezza strumentale $u(L_{ps})$ per il fonometro e $u(L_{cal})$ per il calibratore) anche se condotta per un tempo limitato e quindi che porti ad imprecisione del dato affidando al termine γ_T e γ_P il compito di rappresentarne la variabilità.

Teniamo presente che

$$\frac{\partial L_p}{\partial r} = \frac{-20}{r \cdot \ln 10}$$

e che $u^2(L_{wd})=s^2(L_p)$ indicando con $s^2(L_p)$ la varianza della misura dei livelli sonori.

I fattori che quindi entrano in gioco nella valutazione delle incertezze associate sono i seguenti.

Diurno
Misure Ante Operam T_M (min) 960 g_p 0.4

Grandezza X_i	Stima x_i	Incertezza tipo $u(x_i)$	Distribuzione	Coeff. Di Sensibilità c_i	Componente di incertezza $u_i(y)=c_i\ u(x_i)$	
L_w	90.0 dBA	0.0 dBA	Normale	1.00	0.0	dBA
d_{L_w}	0.0 dBA	2.8 dBA	Normale	0.00	0.0	dBA
r	20.0 m	2.0 m	Normale	-0.434	0.9	dBA
L_{ps}	65.0 dBA	0.4 dBA	Normale	-1	0.4	dBA
L_{cal}	94.0 dBA	0.1 dBA	Normale	1	0.1	dBA
L_P	64.0 dBA				1.0	dBA
	Incertezza tipo composta			$u_c(y)$	1.0	dBA
	Incertezza estesa con fattore di copertura k=2			$U=k\ u_c(y)$	**1.9**	dBA

Notturno
Misure Ante Operam T_M (min) 480 g_p 1.4

Grandezza X_i	Stima x_i	Incertezza tipo $u(x_i)$	Distribuzione	Coeff. Di Sensibilità c_i	Componente di incertezza $u_i(y)=c_i\ u(x_i)$	
L_w	80.0 dBA	0.0 dBA	Normale	1.00	0.0	dBA
d_{L_w}	0.0 dBA	5.8 dBA	Normale	0.04	0.3	dBA
r	20.0 m	2.0 m	Normale	-0.434	0.9	dBA
L_{ps}	50.0 dBA	0.4 dBA	Normale	-1	0.4	dBA
L_{cal}	94.0 dBA	0.1 dBA	Normale	1	0.1	dBA
L_P	54.0 dBA				1.0	dBA
	Incertezza tipo composta			$u_c(y)$	1.0	dBA
	Incertezza estesa con fattore di copertura k=2			$U=k\ u_c(y)$	**2.0**	dBA

In tutte queste verifiche abbiamo supposto una tipologia di misura di almeno 24 ore

5.23 Stima delle incertezze delle simulazioni modellistiche

Consideriamo quindi i vari elementi che concorrono alla stima delle incertezze.

- incertezze dei dati di ingresso del modello, che indicheremo con L_w che canonicamente rappresenta il valore di input delle sorgenti ma, la cui incertezza, include anche elementi di input come l'olografia del terreno, l'inserimento di ostacoli, ecc..;
- stima delle incertezze dei dati di uscita del modello (propagazione), che indicheremo con A che abbiamo visto raccoglie tutti gli elementi che entrano nel computo della propagazione dell'onda sonora;
- caratterizzazione delle incertezze associate a diverse impostazioni del modello, che indicheremo con δL_m indicando la variabilità tra la scelta del modello (comprendendo la linea guida usata) e la situazione reale;
- incertezze del modello derivanti dalle misure di taratura, che indichiamo con δL_p in cui il misurando è pari a 0 con una incertezza associata vista nel paragrafo precedente.

Diurno

Grandezza X_i	Stima x_i	Incertezza tipo $u(x_i)$	Distribuzione	Coeff. Di Sensibilità c_i	Componente di incertezza $u_i(y)=c_i\,u(x_i)$
L_w	90.0 dBA	1.5 dBA	Normale	1	1.5 dBA
A	30.0 dBA	1.6 dBA	Normale	1	1.6 dBA
d_{L_m}	0.0 dBA	2.0 dBA	Rettangolare	1	2.0 dBA
$d_{L_{pt}}$	0.0 dBA	1.0 dBA	Normale	1	1.0 dBA
L_P	60.0 dBA				3.1 dBA
	Incertezza tipo composta			$u_c(y)$	3.1 dBA
	Incertezza estesa con fattore di copertura k=2			$U=k\,u_c(y)$	**6.2** dBA

Notturno

Grandezza X_i	Stima x_i	Incertezza tipo $u(x_i)$	Distribuzione	Coeff. Di Sensibilità c_i	Componente di incertezza $u_i(y)=c_i\,u(x_i)$
L_w	90.0 dBA	2.2 dBA	Normale	1	2.2 dBA
A	30.0 dBA	1.6 dBA	Normale	1	1.6 dBA
d_{L_m}	0.0 dBA	2.3 dBA	Rettangolare	1	2.3 dBA
$d_{L_{pt}}$	0.0 dBA	1.0 dBA	Normale	1	1.0 dBA
L_P	60.0 dBA				3.7 dBA
	Incertezza tipo composta			$u_c(y)$	3.7 dBA
	Incertezza estesa con fattore di copertura k=2			$U=k\,u_c(y)$	**7.4** dBA

6 Misure antirumore già in atto e progetti in preparazione

Ad oggi non esistono barriere antirumore o altri interventi di mitigazione acustica lungo la SS344 nel tratto che attraversa Bisuschio.

Nel corso degli anni sono stati però progettati degli interventi da parte di ANAS consistenti nella sostituzione della pavimentazione con asfalto fonoassorbente e in interventi diretti sui ricettori, che alla situazione attuale non sono ancora stati messi in atto.

7 I rilievi fonometrici

La campagna fonometrica eseguita è trattata in un relazione separata e riportata in allegato.

8 Stima della popolazione esposta e sintesi dei risultati

8.1 Stima della popolazione esposta

Come abbiamo visto nei paragrafi precedenti, le procedure di costruzione dei risultati di una mappatura acustica richiedono sempre prima l'attribuzione di un valore di un qualche descrittore acustico ad ogni edificio esposto, e successivamente il calcolo della popolazione esposta sulla base del numero di abitanti presenti in ogni edificio. L'attribuzione del numero esatto di residenti ad un singolo edificio è quindi uno dei passaggi fondamentali della mappatura.

Per realizzare questa attribuzione in modo esatto bisognerebbe conoscere la disposizione delle singole unità abitative all'interno di ogni edificio e la distribuzione dei residenti al loro interno. Partendo da queste informazioni, sarebbe possibile differenziare il livello dell'esposizione a cui sono soggetti gli abitanti degli appartamenti collocati dietro la facciata più esposta da quello degli abitanti degli appartamenti più interni che beneficiano della schermatura dell'edificio stesso. La caratterizzazione acustica delle varie unità abitative e l'aggregazione degli abitanti esposti negli stessi intervalli di rumore permette il calcolo esatto della popolazione esposta alle differenti classi di Lden e Ln.

Un livello d'informazione così dettagliato è estremamente difficile da ottenere, sia per l'elevato numero d'edifici da indagare, sia per le difficoltà che si incontrano nel ricercare informazioni private presso la popolazione.

Nell'impossibilità di disporre del numero esatto dei residenti e della disposizione degli appartamenti di ogni singolo edificio, la numerosità della popolazione esposta può essere solo stimata in base a valutazioni relative alla densità abitativa.

In Italia non sono state definite procedure standardizzate per la stima della popolazione. In mancanza d'indicazioni ufficiali, ARPA Lombardia ha sperimentato e testato diversi metodi alternativi per la stima della distribuzione spaziale dei residenti di un territorio. I metodi differiscono principalmente per la diversa qualità dell'informazione di partenza e per il grado di precisione con cui riescono a stimare la distribuzione della popolazione all'interno degli edifici, mentre hanno in comune l'utilizzo di banche dati geografiche e di GIS per le operazioni di calcolo e georeferenziazione.

Quando l'analisi della distribuzione di dettaglio della popolazione riguarda zone estese di territorio, la scelta del metodo migliore deve tener conto non solo del parametro "precisione", ma anche d'altri fattori.

- Difficoltà di ricognizione e raccolta delle informazioni presenti presso le diverse amministrazioni. Queste ultime, anche quando sono disponibili a collaborare, spesso non sono attrezzate per fornire in tempo rapido i dati richiesti. La raccolta dei dati può diventate molto onerosa, anche quando i dati esistono e sono disponibili.
- Disomogenità delle informazioni. Operando a scala vasta è importante mantenere un grado di dettaglio omogeneo per tutto il territorio.
- Difficoltà nel fare combaciare limiti amministrativi (scala alla quale sono normalmente aggregati i dati territoriali) con l'effettiva area oggetto di studio.

Si tratta di problemi che a scala ridotta possono essere affrontati e risolti con sopralluoghi e rilievi diretti sul territorio, ma che nel caso d'infrastrutture lineari estese comportano un aumento esponenziale dei costi e dei tempi di raccolta ed organizzazione dei dati.

Sulla base di queste considerazioni, tra i differenti approcci possibili si è deciso d'adottare un metodo che ha il pregio di essere applicabile in modo uniforme a tutti i comuni della Regione e di basarsi su informazioni omogenee, aggiornate e facilmente reperibili. Il metodo scelto calcola la distribuzione spaziale della popolazione a scala comunale.

8.2 Risultati

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti dal modello di calcolo relativi a: popolazione esposta, edifici esposti e aree chilometriche per le fasce stabilite Lden e Lnight, oltre al numero di edifici sensibili presenti all'interno di esse.

SS344 di Porto Ceresio

		POPOLAZIONE ESPOSTA	EDIFICI ABITATIVI	SCUOLE	OSPEDALI
Lden	55-59	462	77	0	0
	60-64	407	51	0	0
	65-69	379	52	0	0
	70-74	536	48	0	0
	>75	192	15	0	0
Lnight	50-54	445	58	0	0
	55-59	392	52	0	0
	60-64	526	59	0	0
	65-69	258	23	0	0
	>70	80	5	0	0

SORGENTE	Superficie esposta ai livelli di Lden (Kmq)				
	55-59	60-64	65-69	70-74	>75
SS344 di Porto Ceresio	0.069	0.052	0.042	0.047	0.006

SORGENTE	Superficie esposta ai livelli di Lnight (Kmq)				
	50-54	55-59	60-64	65-69	>70
SS344 di Porto Ceresio	0.057	0.045	0.045	0.024	0.001

9 Materiale trasmesso

- Cartella REPORTING_MECHANISM: Contiene i fogli elettronici in formato XLS dei Report Mechanism DF1_DF5, DF2 e DF4_DF8:

  NoiseDirectiveDF1_5_DF1_5_MRoad.xls

  NoiseDirectiveDF2_DF2_MRoad_Map.xls

  NoiseDirectiveDF2_DF2_MRoad_Map_Code.xls

  NoiseDirectiveDF2_DF2_MRoad_Map_Collect.xls

  NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_MRoad.xls

- Cartella SHAPEFILE_METADATA: Contiene gli shapefile dell'infrastruttura (DF1_DF5) e quelli delle Aree Lden/Lnight e Linee ContourLden/Lnight (DF4_DF8):

  IT_a_DF1_5_2017_Roads_IT_a_rd0149_Location.shp

  IT_a_DF4_8_Roads_IT_a_rd0149_NoiseAreaMap_Lden.shp

  IT_a_DF4_8_Roads_IT_a_rd0149_NoiseAreaMap_Lnight.shp

  IT_a_DF4_8_Roads_IT_a_rd0149_NoiseContourMap_Lden.shp

  IT_a_DF4_8_Roads_IT_a_rd0149_NoiseContourMap_Lnight.shp

- Cartella REPORT_IMAGES: Contiene il Report in formato PDF delle Attività di Mappatura Acustica e le schede sempre in formato PDF riportanti le Aree Lden e Lnight.

  IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0149_Report.pdf

  IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0149_NoiseAreaMap_Lden.pdf

  IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0149_NoiseAreaMap_Lnight.pdf

10 Bibliografia

1. Direttiva Europea 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, Gazzetta Ufficiale delle Comunita Europee 18.7.2002.

2. EC – DG ENV, Reporting Mechanism proposed for reporting under the Environmental Noise Directive 2002/49/EC, Handbook (including data specification) – October 2007.

3. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WGAEN), Good Practice Guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure – Version 2, 13 August 2007.

4. COM/2011/0321 Final Report from the Commission to the European Parliament and the Council - Relazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio sull'applicazione della direttiva sul rumore ambientale ai sensi dell'articolo 11 della direttiva 2002/49/CE.

5. Directive 2003/4/EC of the European Parliament and of the Council of 28 January 2003 on public access to environmental information and repealing Council Directive 90/313/EEC.

6. Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE).

7. JRC Reference Report – Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU).

8. The WHO - World Health Organization - Europe, Night Noise Guidelines for Europe.

9. Directorate-General for Internal Policies – Policy Department A: Economic and Scientific Policy, Towards a comprehensive Noise Strategy – November 2012.

10. EC - Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans, Recommendations from the SILENCE project.

11. The WHO - World Health Organization - Europe, WHO LARES Final report Noise effects and morbidity.

12. The WHO – World Health Organization, Regional Office for Europe, JRC European Commission, Burden of disease from environmental noise. 2011

13. A. Tanese, E. di Filippo, R. Rennie, La pianificazione strategica per lo sviluppo del territorio - Analisi e Strumenti per l'innovazione - I Manuali, Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Funzione Pubblica.

14. UNI/TR 11327:2009, Acustica - Criteri per la predisposizione dei piani d'azione destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti.

15. UNI/TR 11327, Criteri per la predisposizione dei piani d'azione destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti.

Pagina 35 16. UNI 11252:2007, Procedure di conversione dei valori di LAeq diurno e notturno e di LVA nei descrittori Lden e Lnight, novembre 2007.

17. UNI/TR 11327, Criteri per la predisposizione dei piani d'azione destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti.

18. DPCM 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

19. DPR 30/03/2004, n.142, "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della L. 26 ottobre 1995, n. 447".

20. DPR 18/11/1998, n.459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario".

21. DM 31/10/1997 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale".

22. DM 29/11/2000 "Criteri per la predisposizione, da parte delle societa e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore"

23. D.Lgs. 19/08/2005, n. 194 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".

24. L. 26/10/1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico".

25. DM 16/03/1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

26. DPCM 1/03/1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" G.U. Serie Generale n. 57 del 8/3/1991;

27. L. 26/10/1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico" G.U. n. 254 del 30/10/1995; Suppl. Ord. n. 125.

28. DM Ambiente 11/12/1996 "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo" G.U. Serie Generale n. 52 del 11/12/1996.

29. Circolare Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 06/09/2004 "Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilita dei valori limite differenziali". G.U. Serie Generale n. 217 del 15/09/2004.

30. DPCM 5/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" G.U. Serie Generale n. 297 del 22/12/1997.

31. DPCM 16/04/1999, n. 215 "Regolamento recante norme per la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi" G. U. Serie Generale n. 153 del 2/7/1999.

32. DPCM 31/03/1998 “Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attivita del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b), e dell'art. 2, commi 6,Pagina 36 7 e 8, della L. 26 ottobre 1995, n. 447 Legge quadro sull'inquinamento acustico”G. U. Serie Generale n. 120 del 26/5/1998.

33. DP. 11/12/1997, n. 496 “Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili” G.U. Serie Generale n. 20 del 26/1/1998.

34. DM 20/05/1999 “Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimita degli aeroporti nonche criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico” G.U. Serie Generale n. 225 del 24/09/1999.

35. DM Ambiente 3/12/1999 “Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti” G.U. Serie Generale n. 289 del 10/12/1999.

36. D.Lgs. 19/08/2005, n. 194, “Attuazione della Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale”. GU n. 222 del 23.09.2005.

37. L. 07/08/1990, n. 241 “Nuove norme in materia di procedimento amministrativo e di diritto di accesso ai documenti amministrativi”.

38. D.Lgs. 19/08/2005, n. 195 “Attuazione della direttiva 2003/4/CE sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale”.

39. D.Lgs. 3/04/2006 n.152, “Norme in materia ambientale”

40. D.Lgs 17/02/2017, 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.

41. MAATM - “Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.lgs. n. 194/2005) – Specifiche tecniche MATTM – 10 marzo 2017”

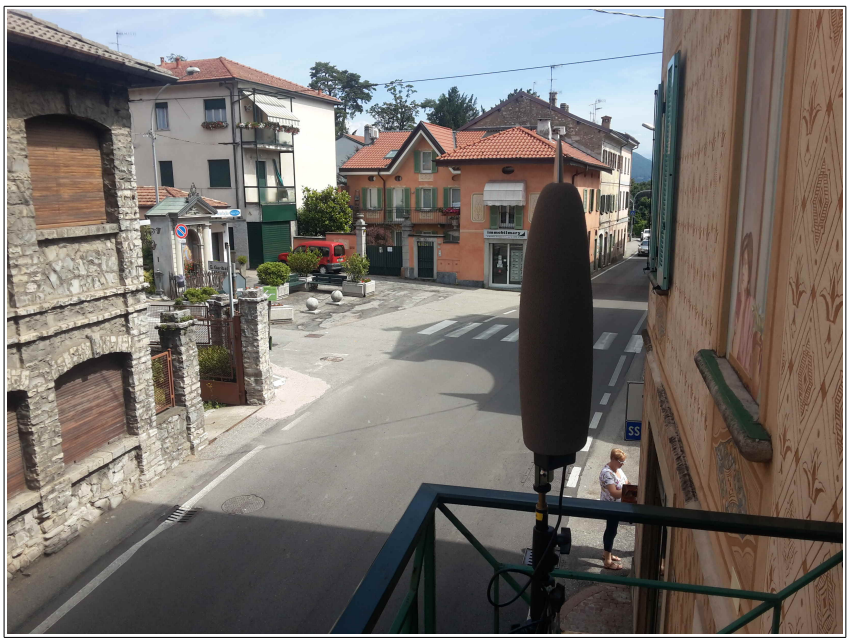
42. MAATM - “Definizione del contenuto minimo delle relazioni inerenti alla metodologia di determinazione delle mappe acustiche e valori descrittivi delle zone soggette ai livelli di rumore – Linee guida MATTM – 10 marzo 2017”

Committente

COMUNE DI BISUSCHIO
Ufficio Ecologia e Ambiente
Via Mazzini 14 – Bisuschio (VA)

Progetto

Mappatura Acustica Strategica, Piani di Azione e compilazione Report Mechanism



MONITORAGGIO FONOMETRICO

Giugno 2017 ***Relazione Tecnica***

Il presente documento è stato elaborato da:

STUDIO ING. AMBROGIO BOSSI
Via Camillo Benso Conte di Cavour, 15
21013 , Gallarate (VA)

Ne hanno curato la stesura:

BOSSI Ambrogio
(Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 2814/1999)

SERGENTI Marco
(Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 556/1998)

Staff:
MAGNI Lorenzo

Sommario

SOMMARIO **3**

1 PREMESSA **4**

2 DEFINIZIONI TECNICHE **5**

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO **10**

4 LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI MISURA **12**

4.1 Criteri di scelta 12
4.2 Strumentazione utilizzata 13
4.3 Punti di misura 16
4.3.1 Posizione dei punti di misura *16*
4.3.2 Risultati dei rilievi fonometrici *16*
Punto 1 – Balcone Studio Caldogno (45°52'28.8"N, 8°52'18.3"E) 17
Punto 2 – Balcone Polizia Locale (45°52'26.4"N, 8°52'15.7"E) 19
Punto 3 – Balcone Farmacia Macchi (45°52'19.8"N 8°52'12.3"E) 21
Punto 4 – Incrocio con Via Tasso (45°52'06.4"N, 8°52'01.7"E) 23
Punto 5 – Concessionaria Autolaghi (45°51'59.5"N, 8°51'56.0"E) 25
4.3.3 Tabella riassuntiva dei rilievi fonometrici eseguiti *27*

5 CONCLUSIONI **28**

6 ALLEGATO 1: RILIEVI FONOMETRICI **29**

7 ALLEGATO 2: PLANIMETRIA DEI PUNTI DI MISURA **30**

1 Premessa

Nella presente relazione viene riportata la campagna di rilievi fonometrici effettuata a Giugno 2017 in relazione alla Mappatura Acustica Strategica, i Piani di Azione e compilazione Report Mechanism. I rilievi sono stati eseguiti sulle infrastrutture caratterizzate da più di 3 milioni di veicoli all'anno.

2 Definizioni tecniche

2.1 Inquinamento acustico

Introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle altre attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi.

2.2 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 propria.

2.3 Ambiente di lavoro

E' un ambiente confinato in cui operano uno o più lavoratori subordinati, alle dipendenze sotto l'altrui direzione, anche al solo scopo di apprendere un'arte, un mestiere od una professione.

Sono equiparati a lavoratori subordinati i soci di enti cooperativi, anche di fatto, e gli allievi di istituti di istruzione o laboratori-scuola.

2.4 Rumore

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

2.5 Sorgente sonora

Qualsiasi oggetto, dispositivo, macchina, impianto o essere vivente, atto a produrre emissioni sonore.

2.6 Sorgente specifica

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

2.7 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.

2.8 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 ore 6.00 e le ore 22.00 e quello notturno compreso tra le ore 22.00 e le ore 6.00.

2.9 Tempo di osservazione (To)

E' un periodo di tempo compreso in T_R nel quale si verificano le condizioni di rumorosità che si intendono valutare.

2.10 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.

2.11 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".

2.12 Livelli dei valori massimi di pressione sonora L_{ASmax}, L_{AFmax}, L_{AImax}

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

2.13 Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A"

Valore del livello di pressione sonora ponderata "A" , misurata in db(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

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt$$

dove L_{Aeq} è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" considerato in un intervallo di tempo che inizia all'istante t_1 e termina all'istante t_2; $P_{A(t)}$ è il valore istantaneo della pressione sonora ponderata "A" del segnale acustico in Pascal (Pa); p_o 20 Pa è la pressione sonora di riferimento.

2.14 Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" relativo al tempo a lungo termine TL ($L_{A,qTL}$)

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

- al valore medio su tutto il periodo, con riferimento al livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A", misurata in relativo a tutto il tempo TL, espresso dalla relazione

$$L_{Aeq,TL} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} 10^{0.1(L_{Aeq,Tr})} \right]$$

essendo N i tempi di riferimento considerati.

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

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

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

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

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

E' dato dalla formula

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

dove:

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

t_0 è la durata di riferimento (1 s)

2.16 Livello di rumore ambientale (L_A)

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 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

2.17 Livello di rumore residuo (L_R)

E' 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.

2.18 Livello differenziale di rumore (L_D)

$$L_D = (L_A - L_R) \qquad dB(A)$$

2.19 Livello di emissione

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

2.20 Fattore correttivo (K_i)

E' la correzione in dB(A) introdotta per tenere 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 $K_B = 3$ dB

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

2.21 Presenza di rumore a tempo parziale

Esclusivamente durante il tempo di riferimento relativo al periodo diurno, si prende in considerazione la presenza di rumore a tempo parziale, nel caso di persistenza del rumore stesso per un tempo totale non superiore ad un'ora. Qualora il tempo parziale sia compreso in 1 ore il valore del rumore ambientale,

misurato in Leq(A) deve essere diminuito di 3 dB(A); qualora sia inferiore a 15 minuti il Leq(A) deve essere diminuito di 5 dB(A).

2.22 Livello di rumore corretto (L_C)

E' definito dalla relazione

$$L_C = L_A + K_I + K_T + K_B \qquad dB(A)$$

3 Normativa di riferimento

La normativa sulle problematiche di inquinamento acustico è in rapida evoluzione e attualmente possiamo considerare queste le leggi di riferimento.

Legge quadro

- Legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26/10/95

Disposizioni Regionali

- Deliberazione n. VII/9776 del 2/7/2002 "Criteri tecnici di dettaglio per la redazione della classificazione acustica del territorio comunale"
- Deliberazione n. VII/8313 del 8/3/2002 "Modalità e criteri di redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e di valutazione previsionale del clima acustico"
- Legge Regionale 10 agosto 2001 n. 13 - "Norme in materia di inquinamento acustico"

Limiti massimi di esposizione al rumore

- D.P.C.M. 1/3/91 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"

Valori limite delle sorgenti sonore

- D.P.C.M. 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"

Impianti a ciclo continuo

- D.P.C.M. 11/12/96 "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo continuo"

Luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo

- D.P.C.M. 18/9/97 "Determinazione dei requisiti delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante"
- D.P.C.M. 19/12/97 "Proroga dei termini per l'acquisizione delle apparecchiature di controllo e registrazione nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 18 settembre 1997"
- D.P.C.M. 16/4/99 n. 215 "Regolamento recante norme per la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi"

Rumore aeroportuale

- D.M. 31/10/97 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale"
- D.M. 20/5/99 "Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico"

Rumore da traffico ferroviario

- D.P.C.M. 18/11/98 n. 459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n.447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario"

Rumore da traffico stradale

- D.P.R. 30/03/04 n.142 “Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447”

Requisiti acustici passivi degli edifici

- D.P.C.M. 5/12/97 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”

Risanamento Acustico

- D.M. 29/11/2000 “Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore”

Tecniche di rilevamento e misurazione dell’inquinamento acustico

- D.M. 16/3/98 “Tecniche di rilevamento e misurazione dell’inquinamento acustico”

Tecnico competente in acustica

- D.P.C.M. 31/3/98 “Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l’esercizio dell’attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell’art. 3, comma 1, lettera b), e dell’art. 2, commi 6, 7 e 8, della legge 26 ottobre 1995, n. 447 “Legge quadro sull’inquinamento acustico”

Altre norme

- Codice Civile (art. 844) sull’esercizio di attività rumorose eccedenti il limite della normale tollerabilità
- Codice Penale (art. 659) sul disturbo delle occupazioni e del riposo
- Testo unico delle leggi di pubblica sicurezza (R.D. 18.6.31 n. 773 - art. 66)
- Testo unico delle leggi sanitarie (R.D. 27.7.34 - art. 216)
- Sent. 517 della Corte Costituzionale del dicembre 1991 sulla competenza delle Regioni in materia di “zonizzazione acustica del territorio”
- Sent. n.151/86, 153/86, 210/87 della Corte Costituzionale sulla salvaguardia dell’ambiente

4 Localizzazione dei punti di misura

4.1 Criteri di scelta

Le misure sono state eseguite con microfono posto a 4m di altezza rispetto al piano campagna.

I punti sono stati individuati preventivamente dal Comune di Bisuschio. Si tratta di 5 punti distribuiti lungo la SS344. Le misure sono state realizzate il più possibile vicino agli elementi oggetto di analisi ed hanno avuto ognuna una durata complessiva di 24h.

In Allegato è inserita una tavola in raffigurante il territorio Comunale e la disposizione dei punti di misura.

4.2 Strumentazione utilizzata

La strumentazione di misura usata per la verifica del rumore ambientale è conforme alle indicazioni di cui all'art. 2 del D.M. 16/03/1998 ed in particolare soddisfa le specifiche di cui alla classe 1 della norma CEI EN 61672. I filtri e i microfoni utilizzati sono conformi, rispettivamente, alle norme CEI EN 61260 e CEI EN 61094. I calibratori sono conformi alla norma CEI EN 60942 per la classe 1.

Sono stati utilizzati analizzatori in tempo reale di ultima generazione prodotti dalla 01 dB, del modello DUO).



Analizzatore in frequenza DUO

Per quanto riguarda la calibrazione della strumentazione, questa è stata eseguita prima e dopo ogni ciclo di misura; le misure fonometriche eseguite sono state considerate valide se le calibrazioni differiscono al massimo di ±0,5 dB(A).

Gli strumenti di misura sono provvisti di certificato di taratura sia per la parte fonometrica che per i filtri rilasciato da un laboratorio accreditato (laboratori di ACCREDIA - LAT) per la verifica della conformità alle specifiche tecniche.

La catena di misure utilizzate sono tarate da un laboratorio Accredia (LAT-068) o dal laboratorio metrologico del costruttore se appena acquistati. Si riportano nella tabella sottostante gli estremi dei certificati di taratura delle catene di misure utilizzate.

Strumento	Modello	Costruttore	Matricola	Data Certificato	N. Certificato	Laboratorio
Analizzatore	DUO	01 dB	10449	27/06/2015	35946-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				27/06/2015	35947-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12183	05/04/2016	37241-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				05/04/2016	37242-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12186	05/04/2016	37238-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				04/04/2016	37229-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12185	05/04/2016	37236-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				05/04/2016	37237-A	LAT-068
Analizzatore	DUO	01 dB	12184	05/04/2016	37243-A	LAT-068
Filtri 1/3 ott				05/04/2016	37244-A	LAT-068
Calibratore	B&K4231	Bruel & Kjaer	2123120	27/06/2015	35938-A	LAT-068

Tabella 1 - *Estremi dei certificati di taratura delle catene di misura utilizzate*

La catena di misura utilizzata è stata calibrata all'inizio e alla fine della sessione di misura senza riscontrare differenze, tra la calibrazione iniziale e quella finale, superiori ai 0.5 dB.

Catena di misura	Calibrazione iniziale	Calibrazione finale	Differenza	Limite
01dB DUO (matr. 10449)	94.0 dB	94.0 dB	0.0 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12186)	94.0 dB	94.2 dB	+0.2 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12183)	94.0 dB	94.1 dB	+0.1 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12184)	94.0 dB	94.1 dB	+0.1 dB	+/-0.5 dB
01dB DUO (matr. 12185)	94.0 dB	93.9 dB	-0.1 dB	+/-0.5 dB

Tabella 2 - *Differenza tra le calibrazioni iniziali e finali*

4.3 Punti di misura

4.3.1 Posizione dei punti di misura

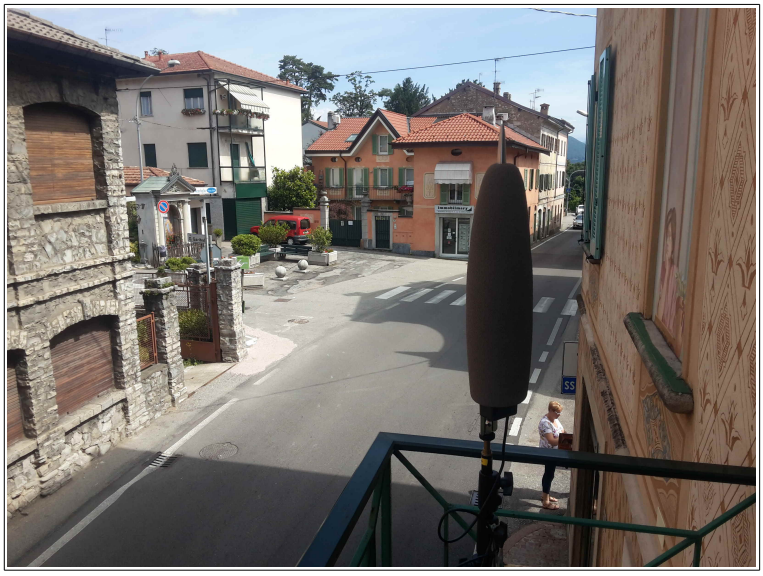
I punti di misura sono riportati nella mappa in allegato.

4.3.2 Risultati dei rilievi fonometrici

Riportiamo di seguito un riassunto dei risultati ottenuti ed in allegato inseriamo le schede di calcolo complete.

Punto 1 – Balcone Studio Caldogno (45°52'28.8"N, 8°52'18.3"E)

Strumentazione:	01DB Duo
Sorgente monitorata:	Traffico stradale
Distanza dalla sorgente:	4 metri dalla mezzeria
Data di rilevamento:	08 Giugno 2017
Ora inizio rilevamento:	11.06 del 08 Giugno 2017
Ora fine rilevamento:	11.06 del 09 Giugno 2017



Vista del punto di misura

La misura è di lungo termine per la durata di 24h. Riportiamo di seguito la tabella riassuntiva dei Leq(A) per ogni divisione notturna e diurna e dei valori di Lden.

DATA	LEQ(A) DIURNO	LEQ(A) NOTTURNO
08 Giugno 2017	69.2 dBA	
		63.2 dBA
09 Giugno 2017		
	68.8 dBA	

Tabella 3 *– Risultati della misura acustica al lungo termine (24 ore)*

Leq(A) diurno (06.00-22.00)	Leq(A) notturno (22.00-06.00)
69.0 dBA	63.0 dBA

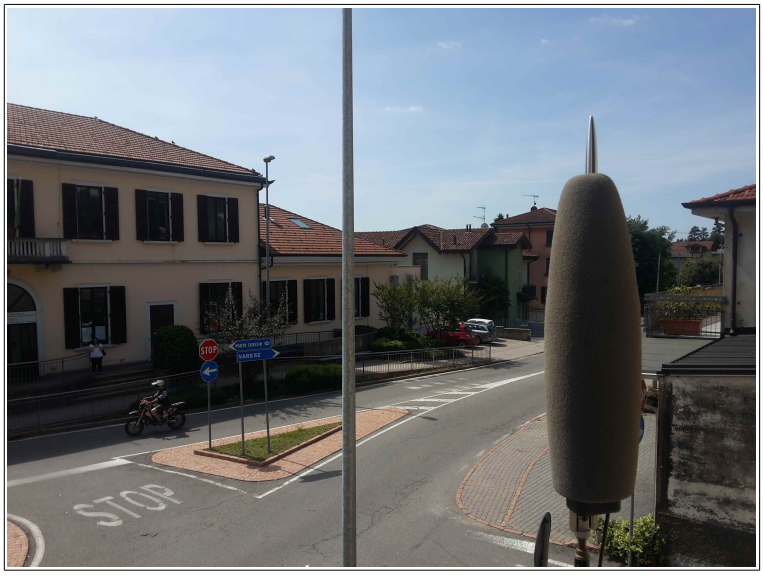
Tabella 4 *- Risultati mediati logaritmicamente e arrotondati a 0.5 dBA*

LDay	LEvening	LNight	LDen
69.2 dBA	68.3 dBA	63.2 dBA	71.3 dBA

Tabella 5 *- Valori di LDay, LEvening, LNight e LDen*

Punto 2 – Balcone Polizia Locale (45°52'26.4"N, 8°52'15.7"E)

Strumentazione:	01DB Duo
Sorgente monitorata:	Traffico stradale
Distanza dalla sorgente:	12.5 metri dalla mezzeria
Data di rilevamento:	08 Giugno 2017
Ora inizio rilevamento:	10.53 del 08 Giugno 2017
Ora fine rilevamento:	10.53 del 09 Giugno 2017



Vista del punto di misura

La misura è di lungo termine per la durata di 24h. Riportiamo di seguito la tabella riassuntiva dei Leq(A) per ogni divisione notturna e diurna e dei valori di Lden.

DATA	LEQ(A) DIURNO	LEQ(A) NOTTURNO
08 Giugno 2017	69.0 dBA	
		61.5 dBA
09 Giugno 2017		
	66.4 dBA	

Tabella 6 – *Risultati della misura acustica al lungo termine (24 ore)*

Leq(A) diurno (06.00-22.00)	Leq(A) notturno (22.00-06.00)
68.5 dBA	61.5 dBA

Tabella 7 - *Risultati mediati logaritmicamente e arrotondati a 0.5 dBA*

LDay	LEvening	LNight	LDen
68.3 dBA	68.2 dBA	61.5 dBA	70.2 dBA

Tabella 8 - *Valori di LDay, LEvening, LNight e LDen*

Punto 3 – Balcone Farmacia Macchi (45°52'19.8"N 8°52'12.3"E)

Strumentazione:	01DB Duo
Sorgente monitorata:	Traffico stradale
Distanza dalla sorgente:	10.5 metri dalla mezzeria
Data di rilevamento:	08 Giugno 2017
Ora inizio rilevamento:	11.20 del 08 Giugno 2017
Ora fine rilevamento:	11.20 del 09 Giugno 2017



Vista del punto di misura

La misura è di lungo termine per la durata di 24h. Riportiamo di seguito la tabella riassuntiva dei Leq(A) per ogni divisione notturna e diurna e dei valori di Lden.

DATA	LEQ(A) DIURNO	LEQ(A) NOTTURNO
08 Giugno 2017	68.7 dBA	
		65.0 dBA
09 Giugno 2017		
	69.0 dBA	

Tabella 9 – *Risultati della misura acustica al lungo termine (24 ore)*

Leq(A) diurno (06.00-22.00)	Leq(A) notturno (22.00-06.00)
69.0 dBA	65.0 dBA

Tabella 10 - *Risultati mediati logaritmicamente e arrotondati a 0.5 dBA*

LDay	LEvening	LNight	LDen
68.9 dBA	68.5 dBA	65.0 dBA	72.3 dBA

Tabella 11 - *Valori di LDay, LEvening, LNight e LDen*

Punto 4 – Incrocio con Via Tasso (45°52'06.4"N, 8°52'01.7"E)

Strumentazione:	01DB Duo
Sorgente monitorata:	Traffico stradale
Distanza dalla sorgente:	6 metri dalla mezzeria
Data di rilevamento:	08 Giugno 2017
Ora inizio rilevamento:	11.12 del 08 Giugno 2017
Ora fine rilevamento:	11.12 del 09 Giugno 2017



Vista del punto di misura

La misura è di lungo termine per la durata di 24h. Riportiamo di seguito la tabella riassuntiva dei Leq(A) per ogni divisione notturna e diurna e dei valori di Lden.

DATA	LEQ(A) DIURNO	LEQ(A) NOTTURNO
08 Giugno 2017	71.0 dBA	
		63.5 dBA
09 Giugno 2017		
	68.4 dBA	

Tabella 12 – *Risultati della misura acustica al lungo termine (24 ore)*

Leq(A) diurno (06.00-22.00)	Leq(A) notturno (22.00-06.00)
70.5 dBA	63.5 dBA

Tabella 13 - *Risultati mediati logaritmicamente e arrotondati a 0.5 dBA*

LDay	LEvening	LNight	LDen
70.3 dBA	70.2 dBA	63.5 dBA	72.2 dBA

Tabella 14 - *Valori di LDay, LEvening, LNight e LDen*

Punto 5 – Concessionaria Autolaghi (45°51'59.5"N, 8°51'56.0"E)

Strumentazione:	01DB Duo
Sorgente monitorata:	Traffico stradale
Distanza dalla sorgente:	5 metri dalla mezzeria
Data di rilevamento:	08 Giugno 2017
Ora inizio rilevamento:	11.36 del 08 Giugno 2017
Ora fine rilevamento:	11.36 del 09 Giugno 2017



Vista del punto di misura

La misura è di lungo termine per la durata di 24h. Riportiamo di seguito la tabella riassuntiva dei Leq(A) per ogni divisione notturna e diurna e dei valori di Lden.

DATA	LEQ(A) DIURNO	LEQ(A) NOTTURNO
08 Giugno 2017	71.0 dBA	
		66.8 dBA
09 Giugno 2017		
	71.2 dBA	

Tabella 15 *– Risultati della misura acustica al lungo termine (24 ore)*

Leq(A) diurno (06.00-22.00)	Leq(A) notturno (22.00-06.00)
71.0 dBA	67.0 dBA

Tabella 16 *- Risultati mediati logaritmicamente e arrotondati a 0.5 dBA*

LDay	LEvening	LNight	LDen
71.0 dBA	71.5 dBA	66.8 dBA	74.3 dBA

Tabella 17 *- Valori di LDay, LEvening, LNight e LDen*

4.3.3 Tabella riassuntiva dei rilievi fonometrici eseguiti

Denominazione Punto	*Leq diurno (A)*	*Leq notturno (A)*	*Lden (A)*
Punto 1	*69.0 dBA*	*63.0 dBA*	*71.3 dBA*
Punto 2	*68.5 dBA*	*61.5 dBA*	*70.2 dBA*
Punto 3	*69.0 dBA*	*65.0 dBA*	*72.3 dBA*
Punto 4	*70.5 dBA*	*63.5 dBA*	*72.2 dBA*
Punto 5	*71.0 dBA*	*67.0 dBA*	*74.3 dBA*

***Tabella 18** - Riassunto dei risultati delle misure fonometriche*

5 Conclusioni

In relazione ai progetti di stesura della Mappatura Acustica Strategica, dei Piani di Azione e compilazione Report Mechanism del Comune di Bisuschio, è stata eseguita una campagna di rilievi fonometrici distribuita su tutto il territorio comunale.

Le misure riportano la situazione al periodo Giugno 2017.

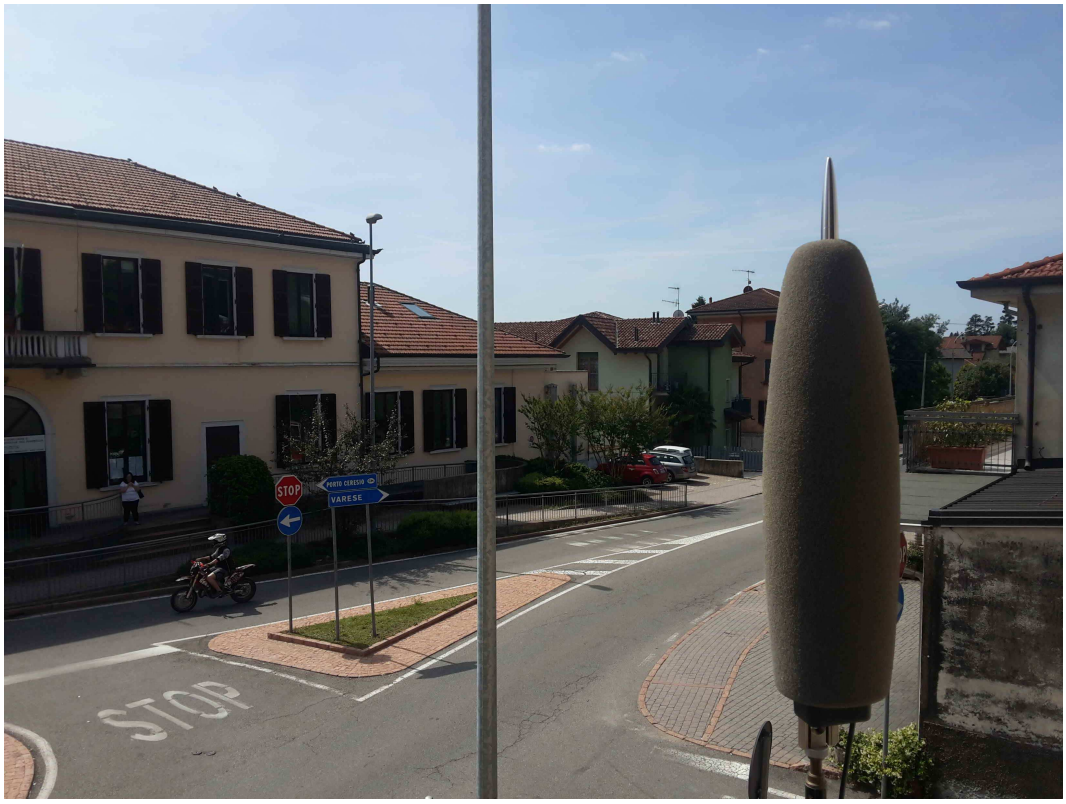
6 Allegato 1: Rilievi fonometrici

Si riportano nell'allegato seguente tutte le schede degli elaborati di ogni rilievo fonometrico effettuato.

7 Allegato 2: Planimetria dei punti di misura

Si riporta in allegato la pianta complessiva della localizzazione dei punti di misura.

Allegato 1 - Misure fonometriche

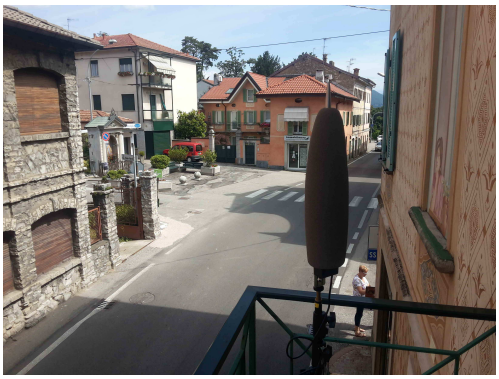


	Costumer/Committente	*Comune di Bisuschio (VA) - Ufficio Ecologia e Ambiente*
	General Project/Progetto Generale — *Mappatura Acustica Strategica*	*Activity/Attività effettuata* — *Misure acustiche esterne*
	Date/Data: Giugno 2017 — *Revision/Revisione: 01.00*	*Location/Località: Bisuschio*
	Responsabile: Ing. Ambrogio Bossi	*Sheet/Pagina: 2*

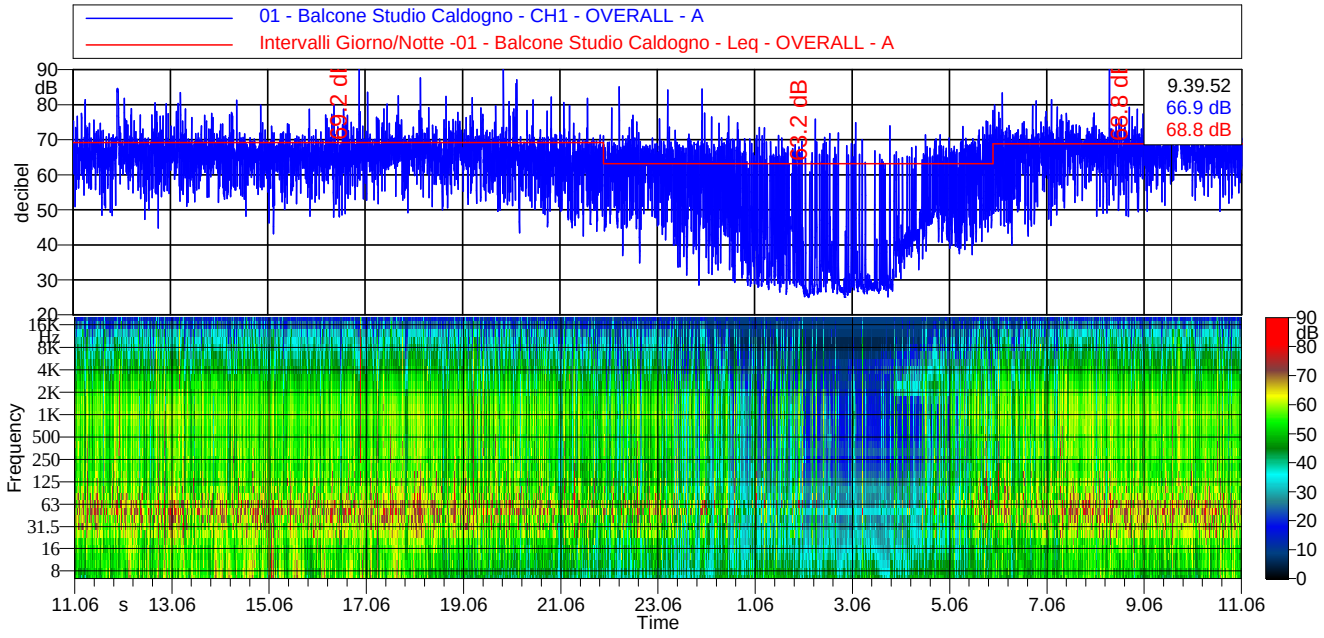
01 - Balcone Studio Caldogno

Valori acustici principali

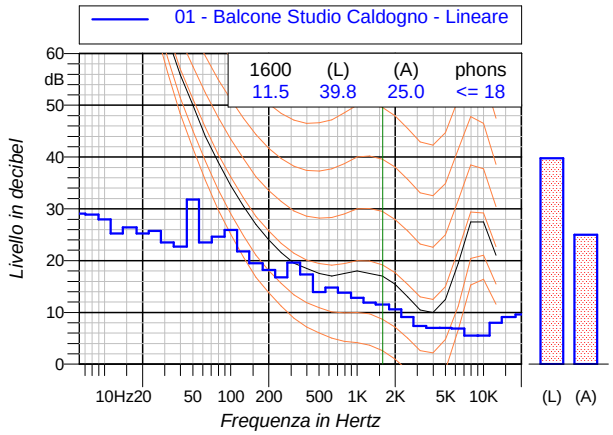
PERIODO DIURNO	***PERIODO NOTTURNO***
LAeq,TR: 69.1 dBA	*LAeq,TR: 63.2 dBA*
LA95: 54.3 dBA	*LA95: 27.1 dBA*
Lday: 69.2 dBA	*Levening: 68.3 dBA*
Lnight: 63.2 dBA	*Lden: 71.3 dBA*



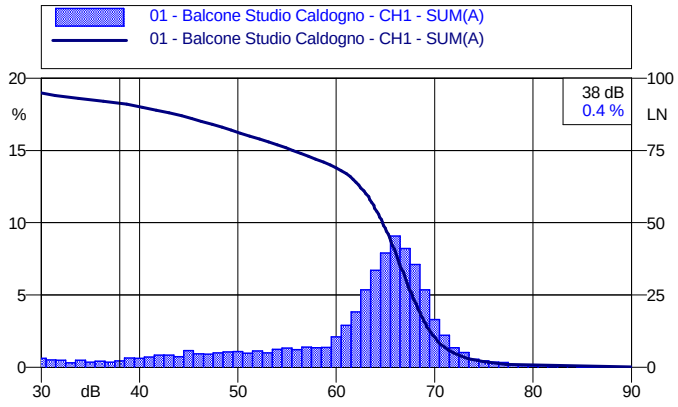
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



Spettro dei minimi (per ricerca componenti tonali)



Curve cumulativa e distributiva dei livelli sonori

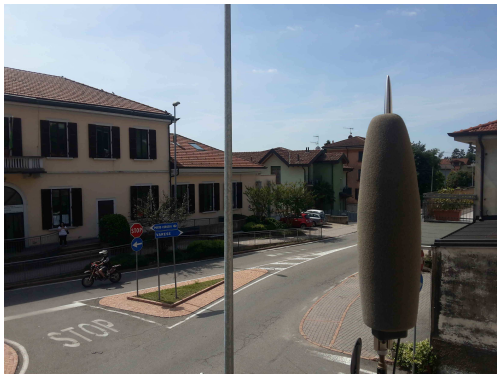


	Costumer/Committente	*Comune di Bisuschio (VA) - Ufficio Ecologia e Ambiente*
	General Project/Progetto Generale — *Mappatura Acustica Strategica*	*Activity/Attività effettuata* — *Misure acustiche esterne*
	Date/Data: Giugno 2017 — *Revision/Revisione: 01.00*	*Location/Località: Bisuschio*
	Responsabile: Ing. Ambrogio Bossi	*Sheet/Pagina: 3*

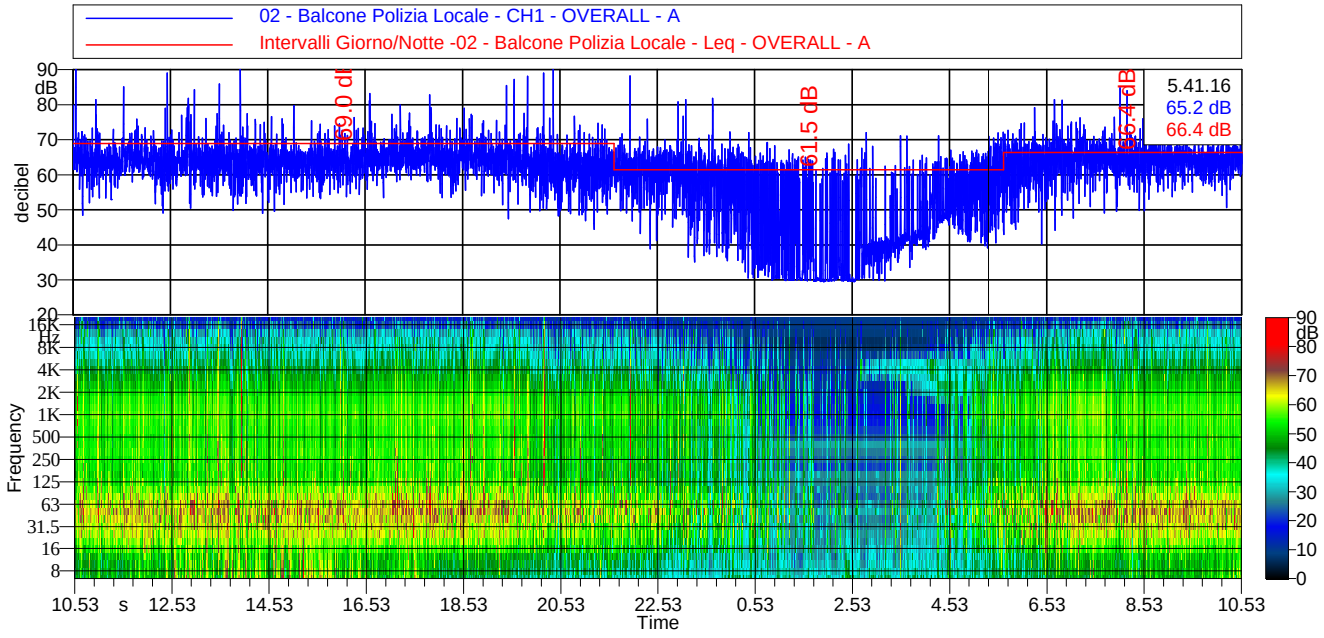
02 - Balcone Polizia Locale

Valori acustici principali

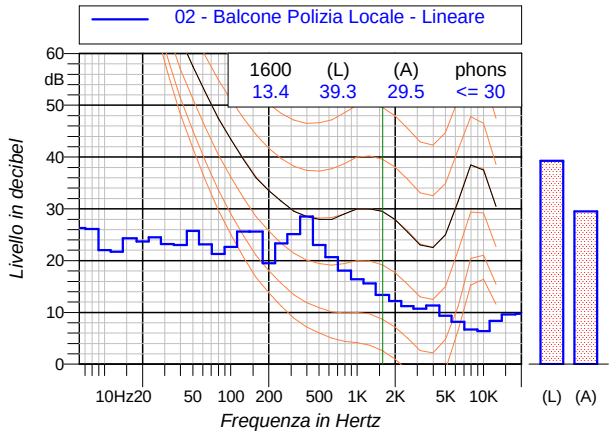
PERIODO DIURNO	***PERIODO NOTTURNO***
LAeq,TR: 68.3 dBA	*LAeq,TR: 61.5 dBA*
LA95: 56.1 dBA	*LA95: 30.0 dBA*
Lday: 68.3 dBA	*Levening: 68.2 dBA*
Lnight: 61.5 dBA	*Lden: 70.2 dBA*



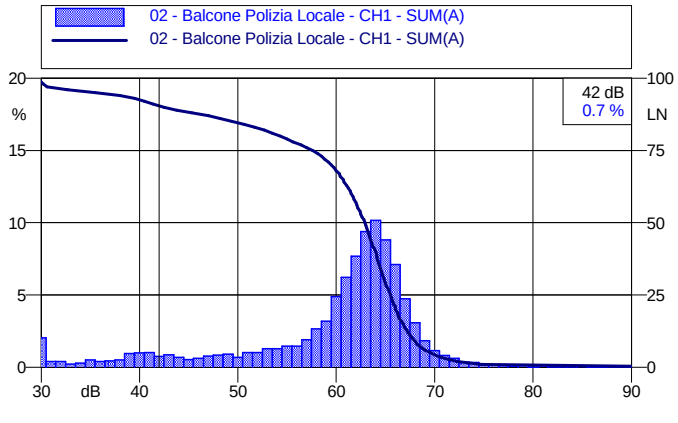
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



Spettro dei minimi (per ricerca componenti tonali)



Curve cumulativa e distributiva dei livelli sonori



	Costumer/Committente	*Comune di Bisuschio (VA) - Ufficio Ecologia e Ambiente*
	General Project/Progetto Generale — *Mappatura Acustica Strategica*	*Activity/Attività effettuata* — *Misure acustiche esterne*
	Date/Data: Giugno 2017 — *Revision/Revisione: 01.00*	*Location/Località: Bisuschio*
	Responsabile: Ing. Ambrogio Bossi	*Sheet/Pagina: 4*

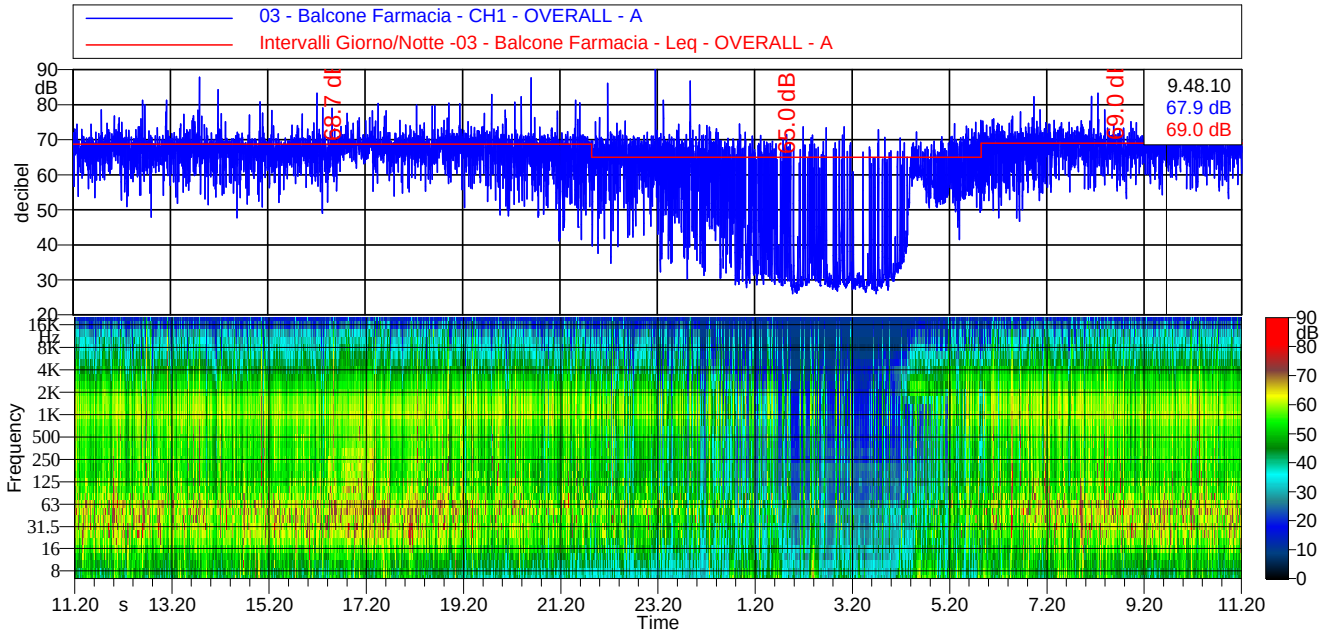
03 - Balcone Farmacia

Valori acustici principali

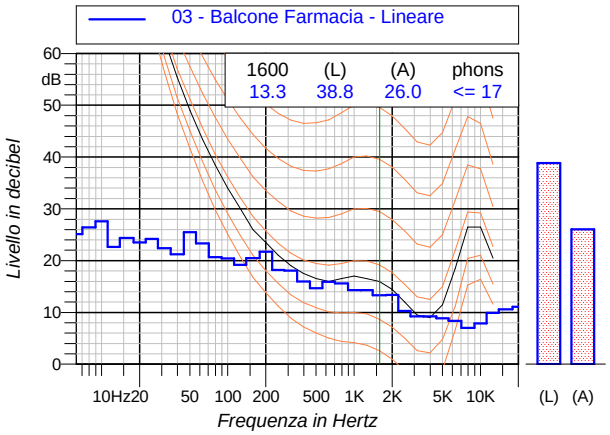
PERIODO DIURNO	***PERIODO NOTTURNO***
LAeq,TR: 68.8 dBA	*LAeq,TR: 65.0 dBA*
LA95: 57.9 dBA	*LA95: 28.3 dBA*
Lday: 68.9 dBA	*Levening: 68.5 dBA*
Lnight: 65.0 dBA	*Lden: 72.3 dBA*



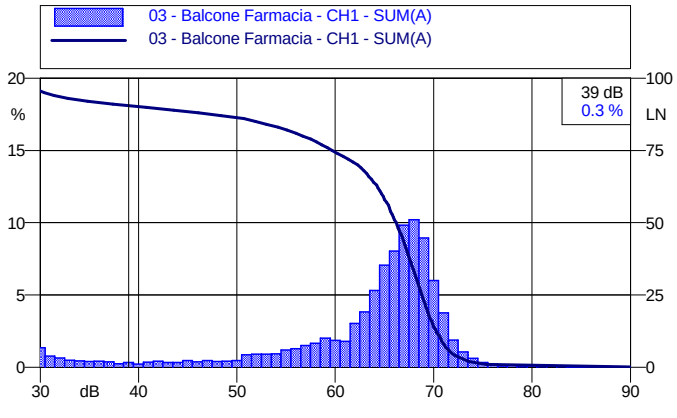
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



Spettro dei minimi (per ricerca componenti tonali)



Curve cumulativa e distributiva dei livelli sonori



	Costumer/Committente	*Comune di Bisuschio (VA) - Ufficio Ecologia e Ambiente*
	General Project/Progetto Generale — *Mappatura Acustica Strategica*	*Activity/Attività effettuata* — *Misure acustiche esterne*
	Date/Data: Giugno 2017 — *Revision/Revisione: 01.00*	*Location/Località: Bisuschio*
	Responsabile: Ing. Ambrogio Bossi	*Sheet/Pagina: 5*

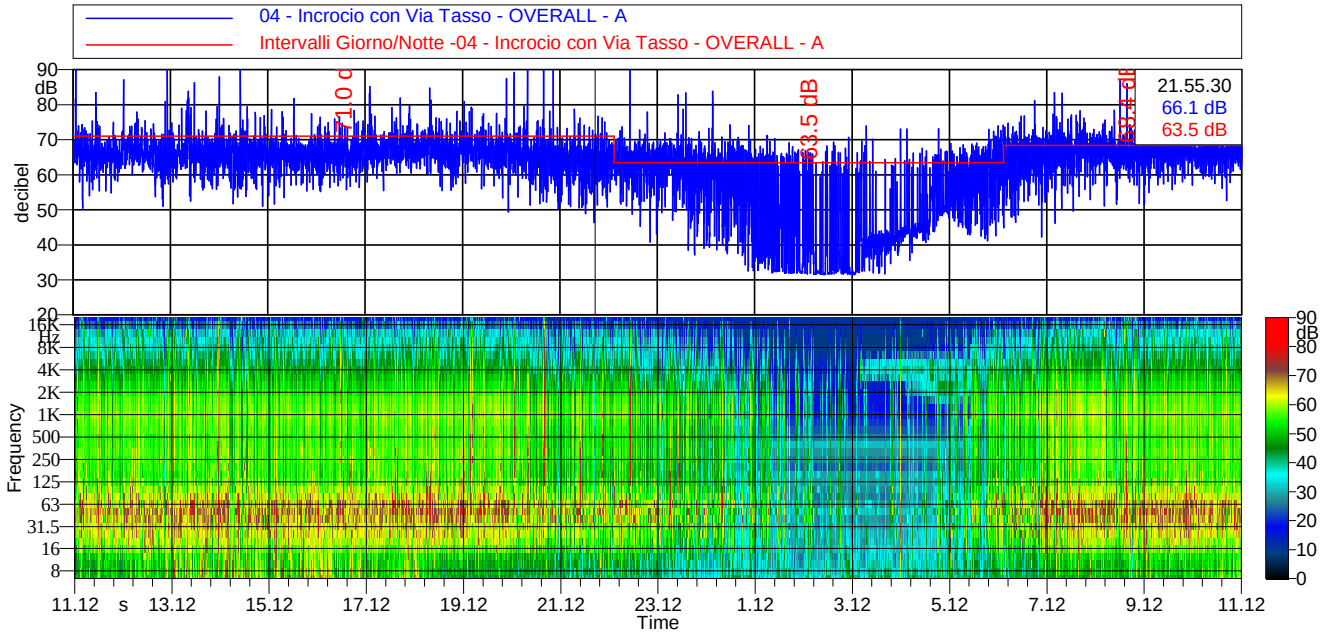
04 - Incrocio con Via Tasso

Valori acustici principali

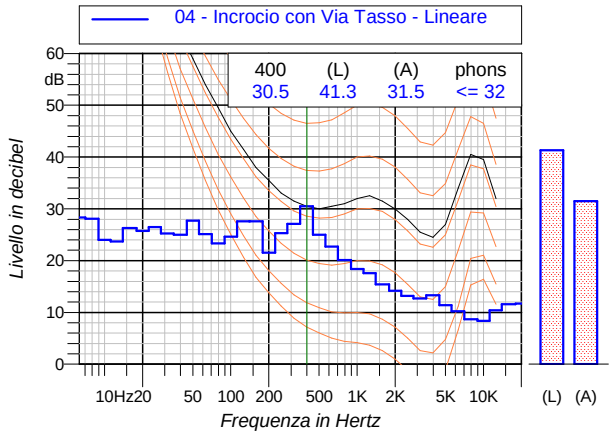
PERIODO DIURNO	***PERIODO NOTTURNO***
LAeq,TR: 70.3 dBA	*LAeq,TR: 63.5 dBA*
LA95: 58.2 dBA	*LA95: 32.0 dBA*
Lday: 70.3 dBA	*Levening: 70.2 dBA*
Lnight: 63.5 dBA	*Lden: 72.2 dBA*



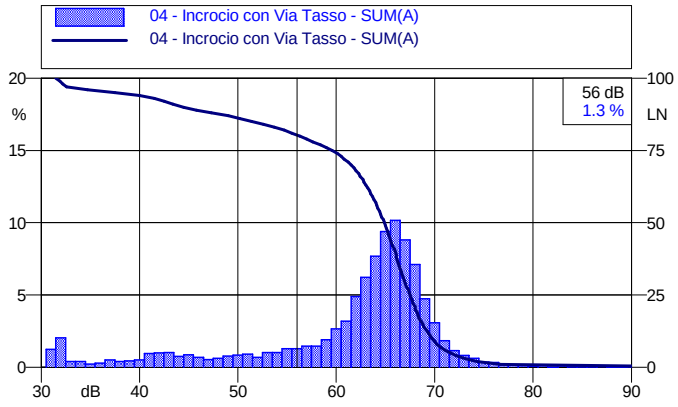
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



Spettro dei minimi (per ricerca componenti tonali)



Curve cumulativa e distributiva dei livelli sonori



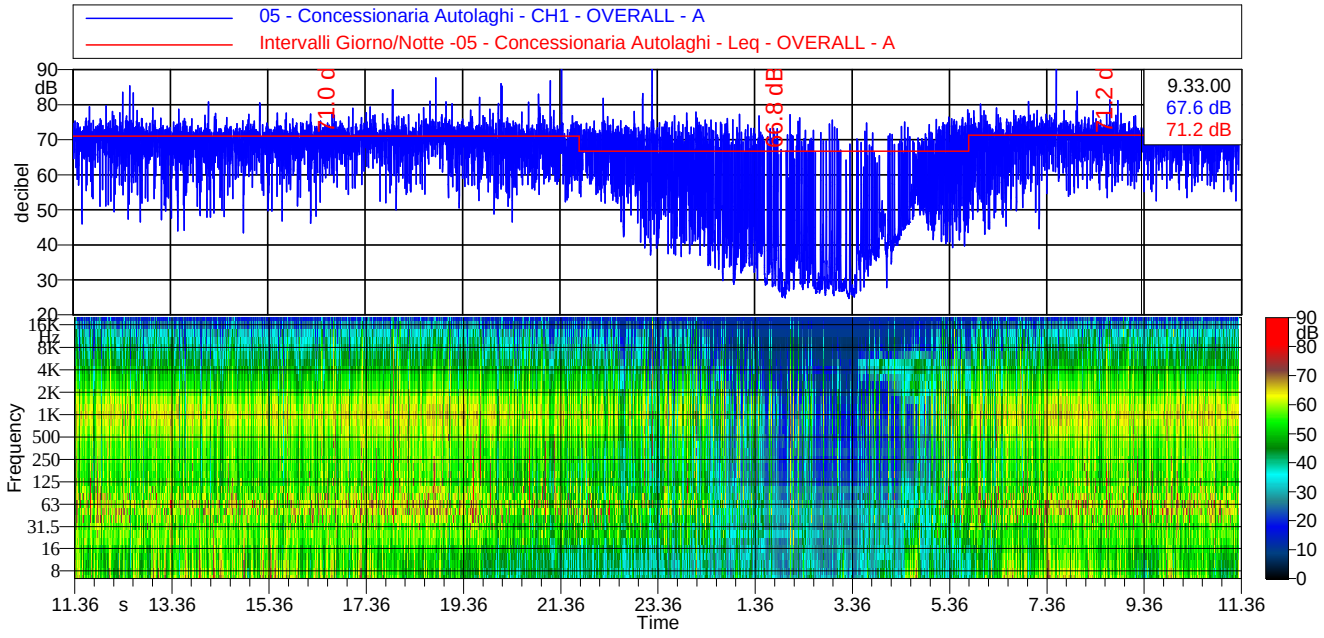
05 - Concessionaria Autolaghi

Valori acustici principali

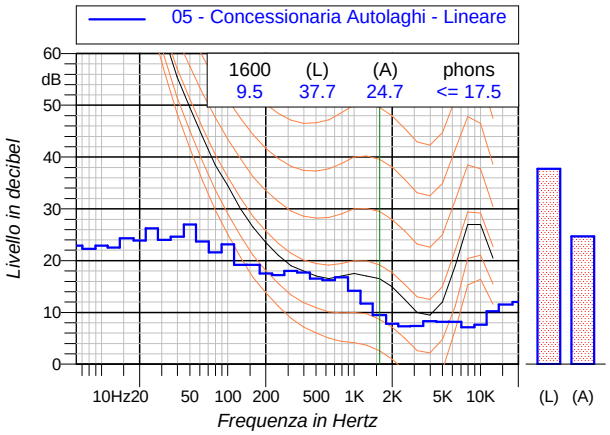
PERIODO DIURNO	***PERIODO NOTTURNO***
LAeq,TR: 71.1 dBA	*LAeq,TR: 66.8 dBA*
LA95: 57.4 dBA	*LA95: 27.5 dBA*
Lday: 71.0 dBA	*Levening: 71.5 dBA*
Lnight: 66.8 dBA	*Lden: 74.3 dBA*



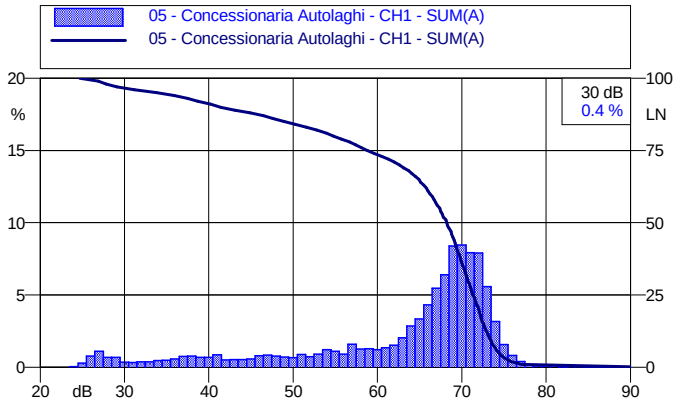
Andamento temporale dei livelli pesati A e dello spettro



Spettro dei minimi (per ricerca componenti tonali)



Curve cumulativa e distributiva dei livelli sonori




01 - Studio Caldogno
02 - Stazione Polizia Locale
03 - Farmacia Macchi
04 - Incrocio con via Tasso
05 - Autolaghi