

Procedura di monitoraggio e mappatura acustica delle strade provinciali biellesi con flusso di traffico oltre i 300000 di veicoli l'anno

Simone Sperotto, ARPA Piemonte SS 09.02 Via Trento 11, 13900 Biella (BI), s.sperotto@arpa.piemonte.it
Luca Bellina, ARPA Piemonte SS 21.01 Via Jervis 30, 10015 Ivrea (TO), l.bellina@arpa.piemonte.it

RIASSUNTO

Il presente lavoro nasce dall'applicazione del D.P.R. 30/03/2004 n. 142 "Disposizioni per il contenimento dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare", decreto in cui sono individuate, in funzione della tipologia di strada, l'ampiezza delle relative fasce di pertinenza ed i valori limite di immissione in corrispondenza dei ricettori. Al citato decreto si aggiunge il D Lgs 19/08/2005 n.194 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale", i cui punti salienti riguardano l'elaborazione della mappatura acustica e delle mappe acustiche strategiche e l'elaborazione e l'adozione dei piani di azione volti ad evitare e a ridurre il rumore ambientale.

Si vuole qui presentare la metodologia utilizzata che si propone, attraverso un'analisi statistica dei dati, di ridurre i tempi del monitoraggio senza ridurre la dimensione spaziale dell'area d'indagine, ottimizzando così il lavoro in termini di efficacia ed efficienza. Vengono inoltre presentati i risultati del monitoraggio e della mappatura acustica dei tratti stradali interessati dal monitoraggio.

PREMESSA

L'inquinamento acustico rappresenta un'importante problematica ambientale, in particolare nelle aree urbane, nonostante sia ritenuto spesso meno rilevante rispetto ad altre forme di inquinamento. Le sorgenti sonore che concorrono a determinare il rumore ambientale sono innumerevoli e con caratteristiche assai diversificate nel tempo, in intensità, in frequenza e nella dislocazione sul territorio. Il traffico veicolare, in particolare, rappresenta la principale e più diffusa sorgente di rumore: questa sorgente è infatti quasi sempre presente nei rilievi della rumorosità ambientale e, nelle aree urbane, costituisce la sorgente predominante o la causa principale di disturbo. Il rumore dovuto al traffico stradale è un fenomeno variabile nel tempo in quanto associato al transito delle diverse tipologie di mezzi che compongono il flusso veicolare. La grande variabilità del fenomeno rende difficile discriminare il rumore prodotto dal singolo passaggio di un veicolo, infatti se per strade locali con traffico molto scarso è possibile individuare il singolo transito, ciò non accade per strade a traffico intenso.

Per caratterizzare quantitativamente il rumore legato al traffico non è solitamente necessaria la conoscenza dettagliata dei valori successivamente assunti dal livello di pressione sonora, ma si possono utilizzare alcuni indicatori acustici, che risultano essere più maneggevoli e ben rappresentativi del fenomeno. Tali descrittori sono il livello continuo equivalente (denominato L_{Aeq}), i livelli statistici percentili (denominati L_N) e il livello di esposizione sonora (denominato SEL).

METODOLOGIA OPERATIVA DI RILEVAMENTO DEL RUMORE DA TRAFFICO URBANO

Il D.M. Ambiente del 16 marzo 1998 costituisce il riferimento nazionale per le misurazioni del rumore dovuto a traffico stradale. La procedura fornita dal decreto risulta impossibile da seguire per i rilevamenti volti alla caratterizzazione acustica del territorio, infatti richiederebbe la misurazione in continuo del rumore, per almeno una settimana, in un numero considerevole di punti di misura. La letteratura scientifica, specifica di settore, ha permesso però di individuare opportune tecniche di campionamento che permettono di poter, entro predefiniti margini di incertezza, caratterizzare oltre all'andamento temporale del rumore anche la sua distribuzione spaziale, senza dover misurare il rumore in ogni punto dell'area oggetto di valutazione.

METODOLOGIE OPERATIVE DI MISURA

La strada di cui studiare la propagazione del rumore è stata sottoposta ad analisi acustica secondo una specifica e sperimentata metodologia, che prevede la suddivisione della stessa in

tronchi stradali omogenei¹ per valutare i loro effetti acustici sulle aree limitrofe. Tale impatto è determinato attraverso misure fonometriche settimanali (così come previsto dal D.M. 16/03/1998), attraverso misure su tempi brevi (tipicamente un'ora o mezz'ora) ed anche attraverso l'applicazione di un modello di simulazione acustica.

La metodologia utilizzata, ritenuta migliore per il rapporto efficacia/efficienza, consiste nell'individuare, per ogni tronco stradale omogeneo, uno più punti di riferimento fissi (P_F), soggetti alla sola rumorosità della infrastruttura stradale, nei quali effettuare una misura di rumore su base settimanale. Tali punti P_F hanno un duplice scopo: quello di valutare la rumorosità nel loro intorno di misura, e quello di costituire una base per un'estensione a più ampia scala della valutazione del rumore della strada. Per poter procedere all'estensione spaziale della valutazione occorre però prevedere di eseguire misurazioni di breve durata (massimo 1 ora) in posizioni spot (P_S), effettuate contemporaneamente alle misure settimanali. L'elaborazione del confronto tra i dati di rumore rilevati tra la postazione fissa e quelle spot permette di: 1) estendere il dato di P_S su tempi più lunghi, aumentando contemporaneamente la dimensione spaziale dell'area di indagine fonometrica; 2) effettuare delle previsioni modellistiche che abbiano come base di taratura le misure eseguite nei punti di rilievo settimanali (P_F); 3) la sovrapposizione delle metodologie di cui ai punti precedenti. Le misurazioni nelle postazioni spot (P_S) vengono ripetute ad intervalli orari differenti in modo da avere un'approssimazione della distribuzione temporale del rumore presso quella postazione. Per determinare i livelli sonori diurno, serale e notturno da attribuire ai punti P_S si ricavano i valori di livello equivalente per ogni minuto di misura in P_S ed i livelli equivalenti rilevati in P_F nello stesso periodo di tempo; si calcolano quindi le differenze tra questi due valori e se ne ricava la media. Questo valore medio viene assunto come fattore di correzione C_n per quel determinato punto P_S . Infine i livelli sonori diurno, serale e notturno in ogni punto P_S saranno dati dalla relazione:

$$L_{Aeqn,T_R} = L_{AeqP_S,T_R} - C_n \quad \text{dB(A)}$$

dove L_{AeqP_S,T_R} è il livello equivalente nel periodo di riferimento diurno, serale o notturno misurato nel punto di rilievo settimanale P_S . Dai dati ricavati per i tre diversi periodi di riferimento in P_S se ne calcolerà il livello settimanale.

METODOLOGIA PER PASSARE DA MISURE SPOT ORARIE A GIORNALIERE E SETTIMANALI

In questo sottoparagrafo si presenta il metodo statistico utilizzato per validare l'estensione del livello sonoro orario misurato nelle postazioni spot a livello giornaliero e settimanale.

Come riportato nel paragrafo precedente, l'estensione dei dati di rumore spot a livello giornaliero e settimanale viene effettuata a partire dal livello rilevato nelle postazioni fisse, aggiungendo o sottraendo un opportuno coefficiente di correzione.

Le misure di rilievo spot effettuate nei vari punti lungo l'arteria stradale sono fatte in orari diversi, in tal modo per ogni punto di misura si hanno almeno due rilevazioni strumentali: una al mattino e una al pomeriggio. Per poter applicare la suddetta relazione occorre che il coefficiente (C_n) sia lo stesso, per ogni punto di misura, sia per le medie calcolate al mattino che per quelle calcolate al pomeriggio. Inoltre dovrà essere lo stesso anche per le diverse giornate di misura. Dunque, i due o più campioni di misura che si mettono a confronto dovranno appartenere alla stessa popolazione di dati: solo in questo modo si può affermare che la rumorosità misurata nel punto fisso è legata a quella del punto mobile attraverso la relazione del precedente sottoparagrafo.

La verifica dell'appartenenza alla stessa popolazione di due campioni a confronto viene fatta utilizzando il test t di Student per il confronto delle medie campionarie. In pratica si tratta di verificare l'ipotesi che i campioni appartengano alla stessa popolazione verificando che la media

¹ Tronco stradale omogeneo: tratto di strada lungo il quale la potenza sonora globale emessa dal traffico si può ragionevolmente considerare costante ed in corrispondenza del quale l'ambiente circostante non cambia in modo sensibile; in particolare devono essere soddisfatte le seguenti condizioni: variazioni contenute di traffico, di velocità media dei veicoli e di percentuale di veicoli pesanti, pendenza della strada costante, pavimentazione stradale uniforme, ambiente di propagazione con caratteristiche omogenee (strada a L, a U, campo libero, viadotti, gallerie,...)

delle differenze tra gli elementi dei due campioni sia nulla. Il procedimento di analisi statistica viene applicato alle differenze ricavate tra gli elementi delle due serie di dati, spot e fissi.

Una volta accettata l'ipotesi di appartenenza dei dati campionari alla stessa popolazione allora sarà possibile applicare la citata relazione, utilizzando come parametro di correzione la media delle differenze tra gli elementi dei due campioni.

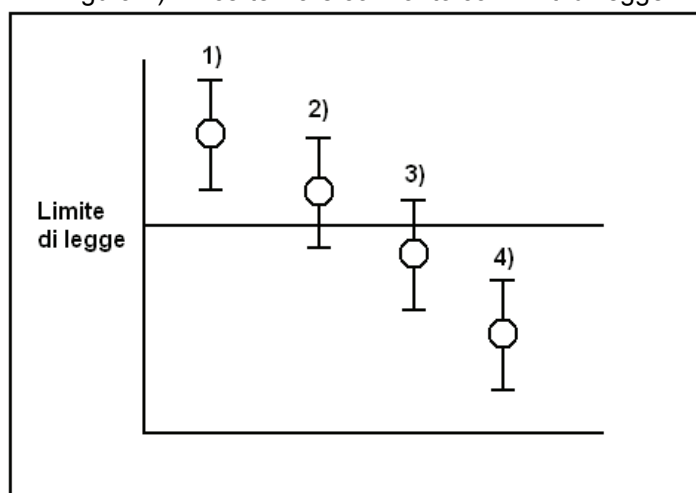
Questa metodologia è stata utilizzata per ogni strada monitorata.

CONSIDERAZIONI SULL'ERRORE DELLA STIMA DEI VALORI SETTIMANALI

La procedura di stima del valore del livello settimanale partendo da misure orarie, specificata nel precedente sottoparagrafo, inevitabilmente introduce un errore nel valore ottenuto. Tale incertezza potrà essere più grande o più piccola a seconda delle dimensioni del campione di misure orarie da cui si parte per la stima del livello settimanale, diurno o notturno che sia.

L'associazione di un'incertezza al valore ottenuto comporta che, al momento del confronto con il limite di rumore previsto dalla normativa specifica di settore, si originino i seguenti quattro casi (fig. 1): 1) il valore con la sua incertezza associata è completamente al di sopra del limite di legge; 2) il solo valore è al sopra del limite di legge ma la sua incertezza associata interseca il limite di legge; 3) il solo valore è al di sotto del limite di legge ma la sua incertezza associata interseca il limite di legge; 4) il valore con la sua incertezza associata è completamente al di sotto del limite di legge. Per chiarire meglio i precedenti concetti si riportano in forma grafica i quattro casi possibili.

Figura 1) - Incertezza e confronto con limiti di legge



La scelta fatta per la trattazione del confronto tra valore stimato e limite di legge è stata quella di evidenziare un superamento del limite solo nel caso 1); nei casi 2) e 3) si è segnalata una criticità, che comporta una verifica puntuale del livello sonoro settimanale, diurno e notturno, presso il punto in questione; nel caso 4) si è considerato un non superamento del limite.

RILIEVO FLUSSI DI TRAFFICO

Per ogni strada monitorata è stato rilevato il numero di veicoli che è transitato durante il periodo di misura. Per le postazioni settimanali sono stati utilizzati dei conta-flussi automatici tipo "Viacount II", mentre per le misure spot l'operatore stesso ha annotato il numero di veicoli che transitavano suddividendoli per tipologia di veicoli in leggeri e pesanti.

La conoscenza del flusso di traffico è indispensabile per la modellizzazione numerica della strada oggetto di studio. Tutti i software di simulazione acustica richiedono come parametri d'ingresso per la caratterizzazione della sorgente sonora stradale la distribuzione di veicoli leggeri e pesanti che scorrono lungo l'infrastruttura. Utilizzando tali dati ed attraverso l'implementazione di un apposito algoritmo, i modelli di simulazione associano alla strada una densità di potenza acustica per metro lineare di lunghezza.

IMPLEMENTAZIONE E TARATURA DEL MODELLO DI CALCOLO

Nel lavoro svolto si è fatto uso del programma IMMI 5.2. Questo software, come la maggior parte dei programmi di simulazione acustica, richiede sostanzialmente due gruppi di dati di input: dati caratterizzanti le sorgenti sonore e dati caratterizzanti lo scenario di propagazione. Per la descrizione della sorgente sonora si è utilizzato il metodo di calcolo francese NMPB-Routes-96, come richiesto dalla normativa.

Successivamente all'implementazione del modello è stata effettuata la taratura dello stesso, che è consistita nell'effettuare un confronto tra i dati ottenuti attraverso la campagna di misura e le stime fornite dal modello. Agendo poi sui parametri del modello relativi alla propagazione del suono (terreno, edifici, ecc.) si è resa minima la differenza tra i valori misurati e quelli simulati.

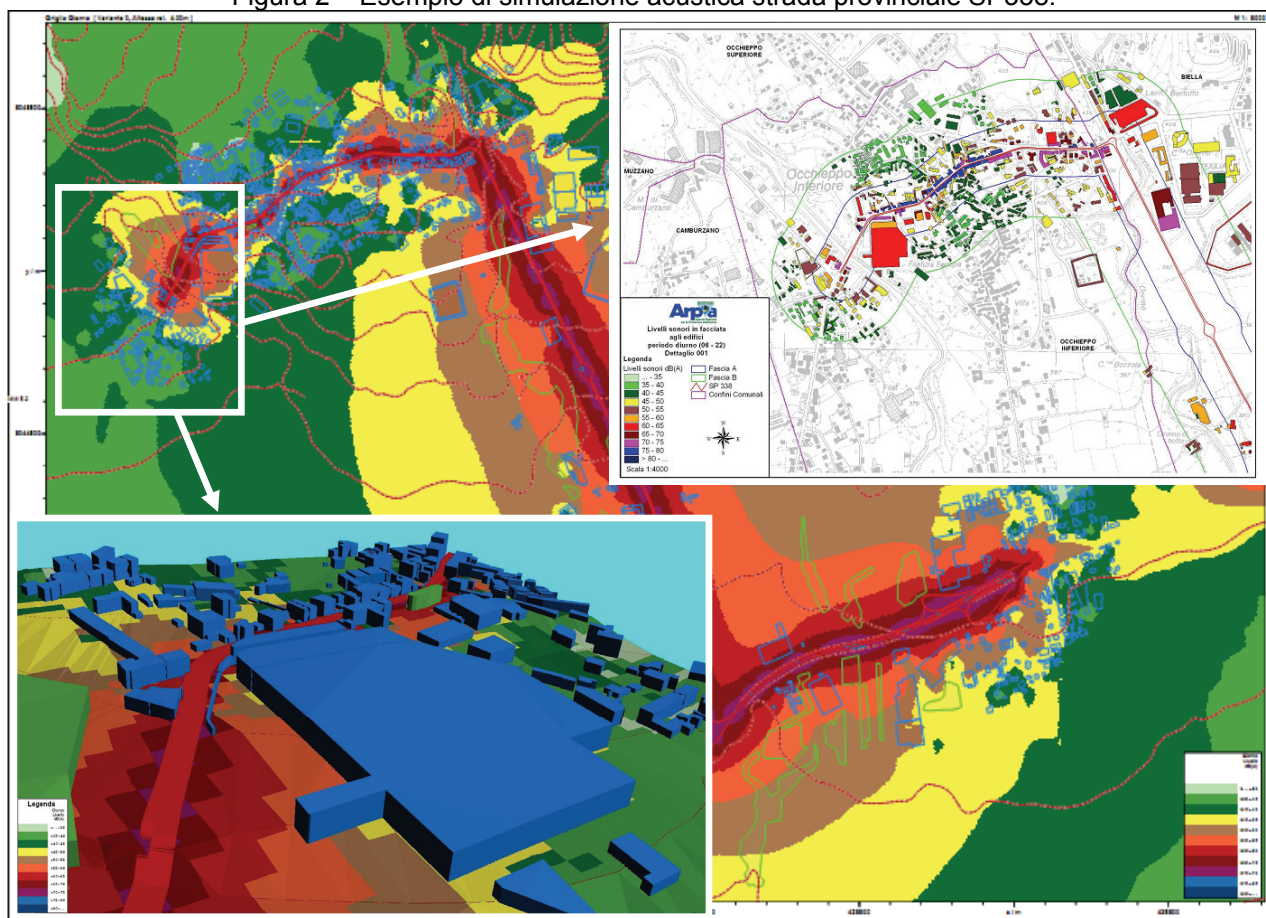
La variazione dei parametri che caratterizzano gli elementi dei vari progetti ha significato analizzare le condizioni di assorbimento atmosferico, interferenza del terreno e degli edifici, le caratteristiche geomorfologiche e acustiche della strada, in modo che le condizioni di propagazione simulate fossero il più prossime possibile a quelle reali.

Nello specifico si è notato che per la propagazione in presenza di ostacoli è necessario modificare alcune caratteristiche del luogo, infatti, per gli edifici più vicini al bordo stradale la condizione di sola diffrazione dell'elemento è la più idonea per una corretta previsione, mentre in mezzo ai gruppi di case la condizione di riflessione delle facciate risulta la migliore.

Successivamente alla taratura del modello, fatta per ogni strada analizzata, si è proceduto con la valutazione fatta dal modello ed all'analisi dei risultati ottenuti.

In figura 2 si riporta a titolo esemplificativo la mappa di simulazione acustica ottenuta per la strada provinciale SP338.

Figura 2 – Esempio di simulazione acustica strada provinciale SP338.



RISULTATI

Nel presente paragrafo si riportano in forma sintetica i risultati più significativi ottenuti per le cinque strade oggetto del monitoraggio.

Nelle figure 3 e 4 seguenti si riportano i risultati delle misure fonometriche fatte per le diverse strade. Si evidenziano in rosso i punti in cui si è accertato il superamento del limite di riferimento, mentre in blu sono stati indicati i punti in cui il livello sonoro è risultato pari al limite stesso o il cui errore è a cavallo del limite.

Per i dati rilevati nelle postazioni di misura fisse non è stata valutata l'incertezza poiché il valore del livello sonoro equivalente è stato arrotondato agli 0.5 dB(A), come richiesto dalla normativa.

Per la SP232 i livelli sonori contrassegnati con l'asterisco sono stimati poiché per alcuni giorni le condizioni meteo non hanno permesso la validazione del dato e quindi di avere il set di dati completo per l'intera settimana. Pertanto nel periodo notturno i dati sono stati colorati di blu anche se oltre il limite in quanto il dato è stimato e non misurato.

Tutti i punti di misura ricadono all'interno della fascia A secondo quanto indicato dal D.P.R. 30/03/2004 n. 142 "Disposizioni per il contenimento dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare".

Figura 3 – Evidenza superamenti limite diurno Fascia A

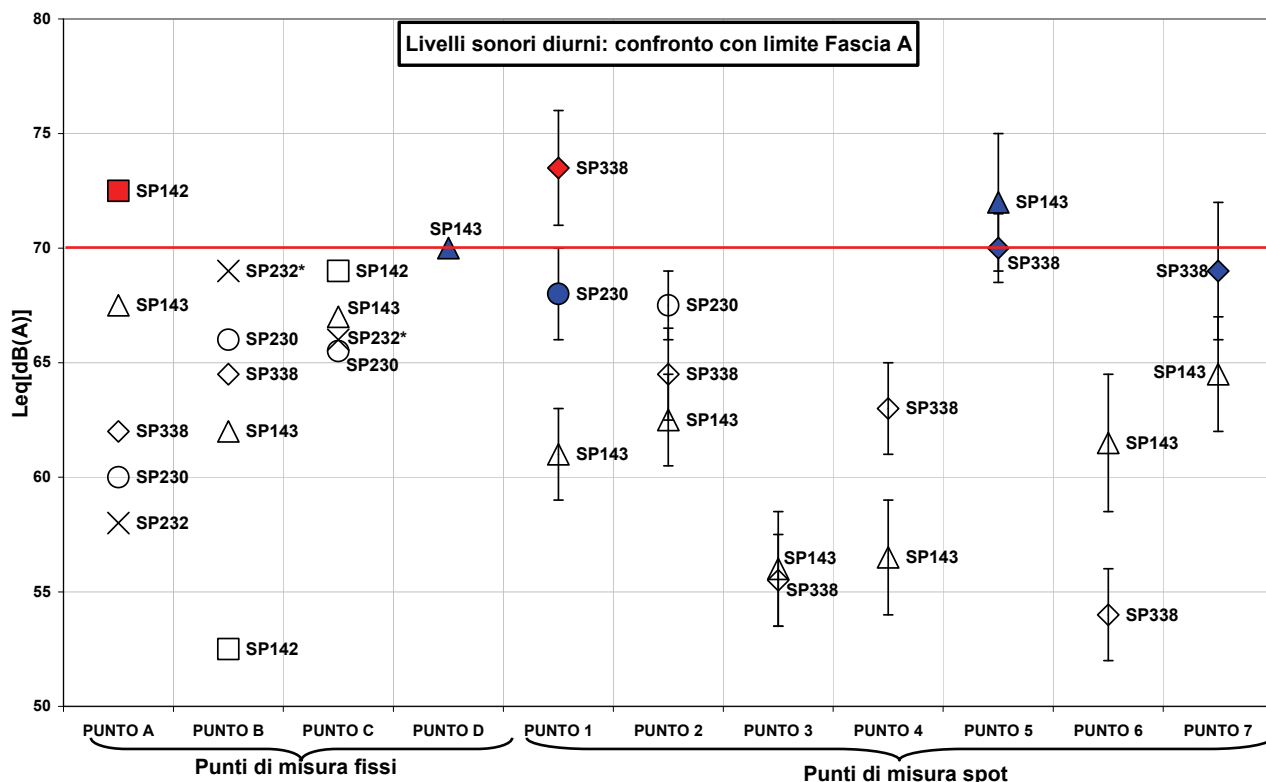
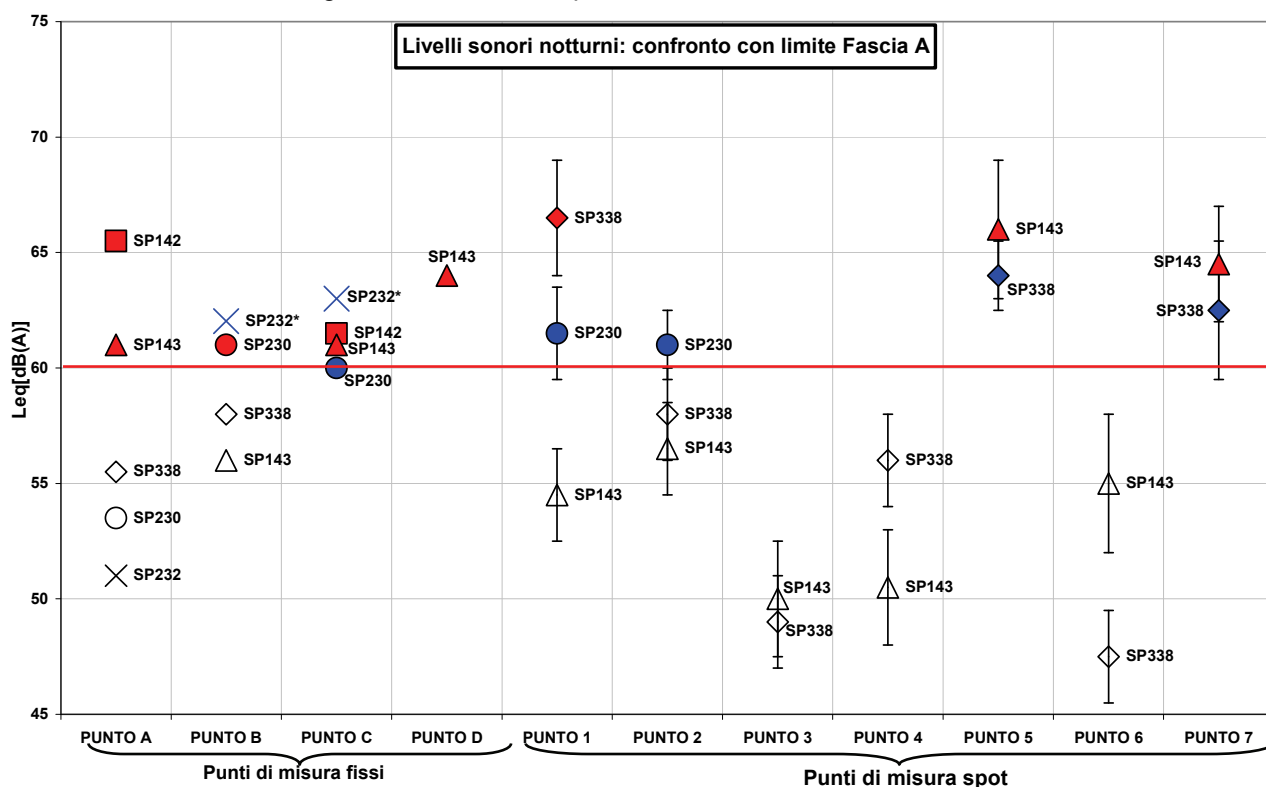
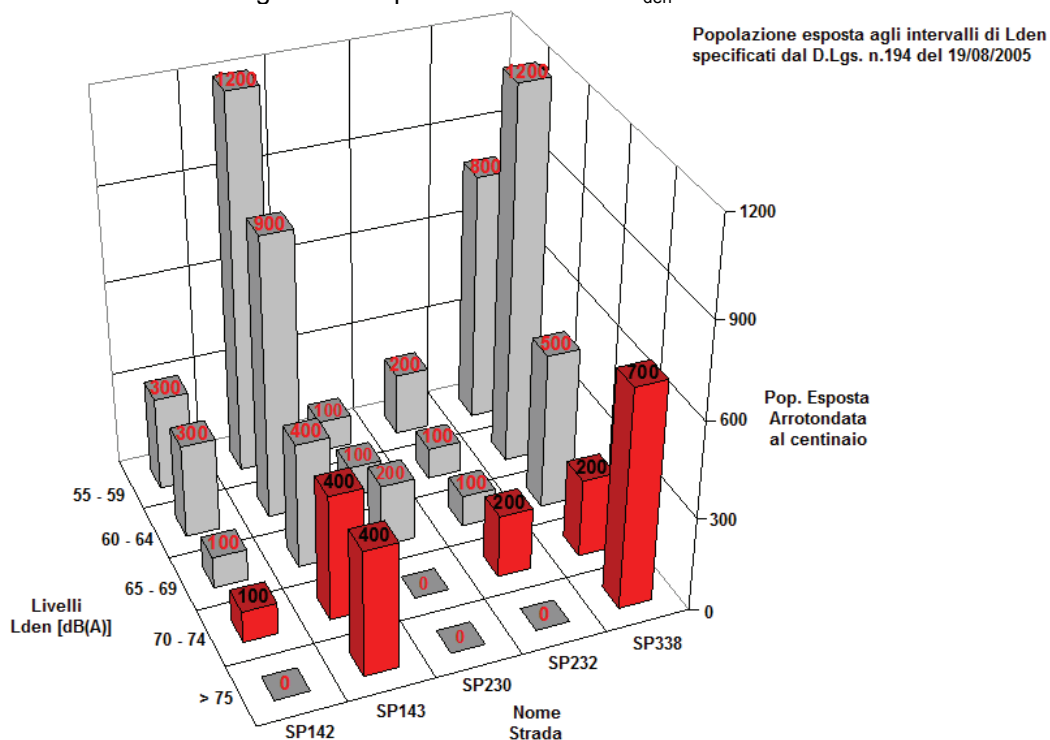


Figura 4 – Evidenza superamenti limite notturno Fascia A



Nelle figure 5 e 6 seguenti si riportano in forma grafica i valori di popolazione, stimata al centinaio di unità, esposta agli intervalli di L_{den} ed L_{night} specificati nel D.Lgs. n. 194 del 19/08/2005: “Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale”. Nei grafici è evidenziato in rosso il numero di persone esposte a livelli L_{den} superiori ai 70 dB(A) ed esposte a livelli L_{night} superiori ai 60 dB(A).

Figura 5 – Popolazione Vs Livelli L_{den}



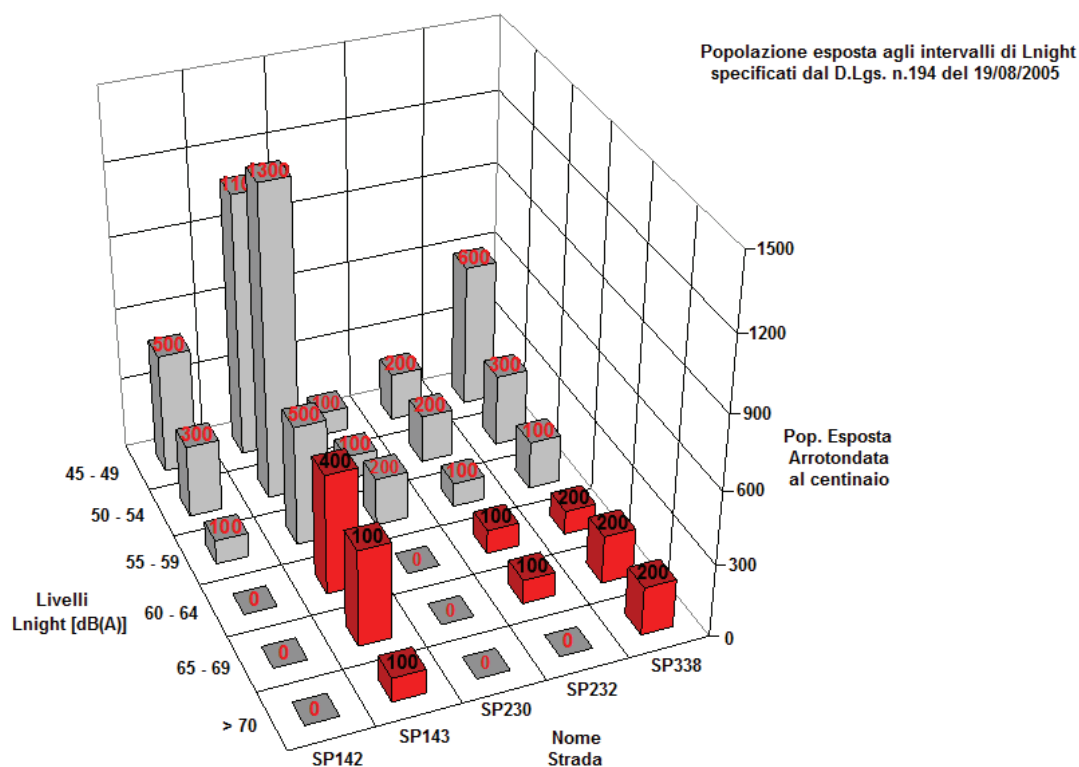


Figura 6 – Popolazione Vs Livelli L_{night}

CONCLUSIONI:

Il progetto di monitoraggio e mappatura acustica delle strade provinciali con percorrenza annua superiore ai 3.000.000 di veicoli ha visto il coinvolgimento di cinque strade provinciali: la SP142, la SP143, la SP230, la SP232 e la SP338. Il monitoraggio acustico ha interessato un totale di circa 41 Km di strada. L'area di studio per l'analisi dell'impatto acustico generato dalle cinque infrastrutture è stata di circa 120 Km² di territorio. All'interno dell'area di studio il numero di edifici su cui è stata valutata la rumorosità in facciata è stato di 6861 unità, di questi ultimi 2114 sono residenziali. La popolazione totale interessata all'esposizione del rumore prodotto dalle infrastrutture viarie considerate è stata di 13428 unità.

Gli edifici considerati sono stati quelli ricadenti in una fascia di 250m per lato di ciascuna infrastruttura. Si è scelto di utilizzare la stessa ampiezza della fascia di studio indipendentemente dalla classificazione delle strade al fine di rendere confrontabili i risultati del monitoraggio.

Dai risultati presentati, nelle figure da 3 a 6, si può notare come la situazione di superamento del limite normativo sia più evidente nel periodo notturno e come i risultati delle estrapolazioni sulle misure spot risultino in alcuni casi border-line. Per questi ultimi punti pertanto occorrerà effettuare un'analisi più approfondita per una valutazione del superamento o meno dei limiti assegnati dalla normativa vigente.

Nel dettaglio si riscontra l'accertato superamento dei limiti diurni per le strade provinciali individuate dalle sigle: SP338 e SP142; mentre per la SP143 e la SP230 il superamento è stato accertato solo nel periodo notturno. Per la SP 232 i livelli riportati nella figura 4, anche se superiori al limite di legge, sono stati evidenziati in blu in quanto, come già specificato in precedenza, sono stimati da un set di dati non completo. Pertanto occorreranno ulteriori approfondimenti.

Per ciò che attiene alla valutazione dell'esposizione della popolazione, residente nella fascia di 250 metri dal bordo dell'infrastruttura, i risultati ottenuti fanno evidenziare come una parte della popolazione sia esposta a livelli di L_{den} superiori ai 70 dB(A) ed esposta a livelli L_{night} superiori ai 60 dB(A). Nello specifico si evidenzia come il 14.5% dell'intera popolazione osservata sia esposta a

livelli di L_{den} superiori ai 70 dB(A) ed il 13.4% dell'intera popolazione osservata sia esposta a livelli L_{night} superiori ai 60 dB(A). Inoltre il 7.5% della popolazione risulta esposta a livelli L_{day} superiori ai 70 dB(A). I superamenti del limite, come logico aspettarsi, si registrano tutti per le abitazioni prospicienti l'asse stradale e sono tutti compresi all'interno della prima fascia di pertinenza dell'infrastruttura viaria.

Le situazioni di maggior problematicità si riscontrano lungo le provinciali SP338 e SP143, in cui il tessuto urbano residenziale è più a ridosso dell'arteria stradale e pertanto la popolazione esposta a livelli di rumore soprasoglia è maggiore rispetto a quanto avviene per le altre strade provinciali.

Dai risultati del monitoraggio delle strade provinciali interessate dal presente progetto si può concludere che per tutte occorrerà adottare delle misure antirumore, inoltre sulla base del D.Lgs n.194 del 19/08/2005: "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale." occorrerà procedere all'adozione dei piani di azione specificati nell'art.4 per ogni infrastruttura viaria. I piani di azione dovranno contenere quanto specificato nell'allegato 5 del citato Decreto Legislativo. Il monitoraggio e la mappatura acustica risultati dal presente progetto potranno essere sicuramente la base di partenza da cui sviluppare il piano di azione specifico per ogni infrastruttura.

BIBLIOGRAFIA

- De Donato S.R., Celli M., Monti R., *Stima dell'errore associato al L_{eq} e del tempo di misura nell'ipotesi di una distribuzione rettangolare del flusso veicolare*, Atti del 31° Convegno Nazionale AIA Venezia 2004
- G. Brambilla, *Tecniche di campionamento temporale del rumore nell'ambiente di vita*, Atti convegno Nazionale AIDII, Corvara 1997
- Brambilla G., Carletti E., Carretti M.R., *Procedura per la stima del livello L_{Aeq} a tempi brevi in base alla tipologia del rumore da traffico urbano*, Rivista Italiana di Acustica, 1996
- Brambilla G., Piromalli W., *Il campionamento temporale del rumore da traffico urbano per la determinazione del livello equivalente sul medio e lungo termine*, Proceedings 17th ICA Congress, sessione speciale 'Noise Mapping', Roma 2001
- Uttley W.A., *Temporal Sampling Techniques for measurement of environmental noise*, Appl. Acust. 1982
- S. Radaelli, E. Quaia, G. Zambon, *Incertezza delle misurazioni acustiche in ambiente esterno*, Atti 35° Convegno AIA, Milano 2008
- D. Casini, L. Moran, A. Poggi, *Valutazione dell'incertezza nelle misure di rumore stradale*, Atti 31° Convegno AIA, Venezia 2004
- A. Cogorno, *Misure in acustica ambientale: valutazione dell'incertezza intrinseca al rumore*, Convegno Agenti Fisici, Vecelli 2009
- R. Spagnolo, *Manuale di acustica applicata*; UTET Libreria Srl 2001
- L. Soliani, *Statistica applicata alla ricerca biologica e ambientale*; UNI.NOVA 2003
- S. Violanti, *L'esperienza di ARPA relativamente alle infrastrutture di trasporto stradale in Emilia-Romagna*, Atti convegno Parma 2004
- G. Brambilla, *Il rumore da traffico stradale: descrizione e caratteristiche, normativa, metodologie di misura, modelli previsionali*, Atti convegno Parma 2004