

PROVINCIA DI PISTOIA



DIPARTIMENTO TECNOLOGIE
DELL'ARCHITETTURA E DESIGN
PIERLUIGI SPADOLINI



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

Laboratorio di Fisica Ambientale per la Qualità Edilizia

Via San Niccolò 89a, 50125 Firenze
tel. +39.55.2491541-537-538, fax. +39.55.2347152
E-Mail: LAB.AMBIENTALE@TAED.UNIFI.IT

RELAZIONE TECNICA DI VALUTAZIONE IMPATTO ACUSTICO

Direttiva 2002/49/CE - D.Lgs. 194/2005

Assi stradali inerenti le strade provinciali

SP 1 – SP 9 – SP 15 – SP 26

Responsabile del Procedimento: Ing. Paolo Mazzoni, Servizio Viabilità e Infrastrutture di
Comunicazione, Provincia di Pistoia (PT)

Collaboratori: Ing. Alessandro Silvietti, Geom. Federico Anzuini, Provincia di Pistoia (PT)

Università di Firenze: Prof. Arch. Gianfranco Cellai, Prof. Arch. Simone Secchi
Laboratorio Fisica Ambientale, Dip. Tecnologie Architettura e Design

Settembre 2007

| | |
|--|----|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. IL QUADRO NORMATIVO | 8 |
| 2.1 Campo d'indagine e stima della popolazione residente | 11 |
| 3. CARATTERISTICHE DELL'EMISSIONE SONORA..... | 13 |
| 3.1 Correlazione tra Livelli sonori rilevati e dati del censimento del traffico..... | 16 |
| 4. FLUSSI VEICOLARI SULLE STRADE IN ESAME..... | 18 |
| 4.1 Flussi veicolari sulla SP 1 e ambito di indagine..... | 22 |
| 4.2 Flussi veicolari sulla SP 9 e ambito di indagine..... | 26 |
| 4.3 Flussi veicolari sulla SP 26 e ambito d'indagine..... | 27 |
| 4.4 Flussi veicolari sulla SP 15 e ambito d'indagine..... | 28 |
| 5. VALUTAZIONI PREVISIONALI DEL CLIMA ACUSTICO..... | 30 |
| 5.1 Ipotesi di calcolo..... | 33 |
| 5.2 Taratura del modello..... | 36 |
| 6. RISULTATI DELLA MAPPATURA ACUSTICA E POPOLAZIONE ESPOSTA | 37 |
| 7. CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI..... | 40 |

1. Premessa

Il presente studio, svolto in collaborazione tra i tecnici della Provincia ed il Laboratorio di Fisica Ambientale dell'Università di Firenze, riguarda gli adempimenti previsti dal D.Lgs.194/2005 del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio, e specificatamente quelli inerenti il documento di indirizzo redatto dal DSA-Divisione V IAER- Sezione acustica, ai fini della compilazione del "Reporting Mechanism" proposto dalla Commissione europea.

La mappatura acustica, in questa prima fase, riguarda gli assi stradali principali di valenza nazionale, regionale e provinciale, con riferimento all'art.2 comma 1 lettera d) "infrastruttura stradale su cui transitano più di 6.000.000 di veicoli all'anno".

Tale studio definisce pertanto un primo quadro conoscitivo finalizzato all'individuazione di casi tipo da relazionarsi a specifiche tipologie di tessuto urbano attraversato da infrastrutture provinciali, e delle eventuali "aree critiche" dove l'inquinamento acustico provocato dal traffico stradale può superare i limiti fissati dal DPR n. 142 del 30 marzo 2004.

Nella seconda fase dello studio saranno invece definiti:

- le possibilità di estendere le valutazioni a tratti stradali simili a quelli dei casi studio;
- l'eventuale estensione delle indagini ad altri tratti stradali significativi;
- i possibili interventi di mitigazione acustica e le relative priorità.

Tali attività costituiscono il piano di risanamento secondo i criteri indicati nel DM del 29/11/2000.

Tuttavia, poichè i limiti di immissione sonora dei Piani di classificazione acustica e dei decreti inerenti le infrastrutture di trasporto sono definiti attualmente con descrittori acustici diversi da quelli previsti nella normativa europea, si dovranno trasformare i descrittori suddetti in quelli nazionali al fine di verificare il rispetto dei limiti dei succitati decreti, salvo l'emanazione di disposizioni in materia, al momento in fase istruttoria.

In particolare nella figura 1.1 seguente sono riportate le fasi nelle quali si articola lo studio, al momento terminato per quanto attiene l'individuazione delle aree critiche, che saranno comunque oggetto di ulteriori verifiche alla luce delle trasformazioni dei descrittori acustici europei in quelli italiani.

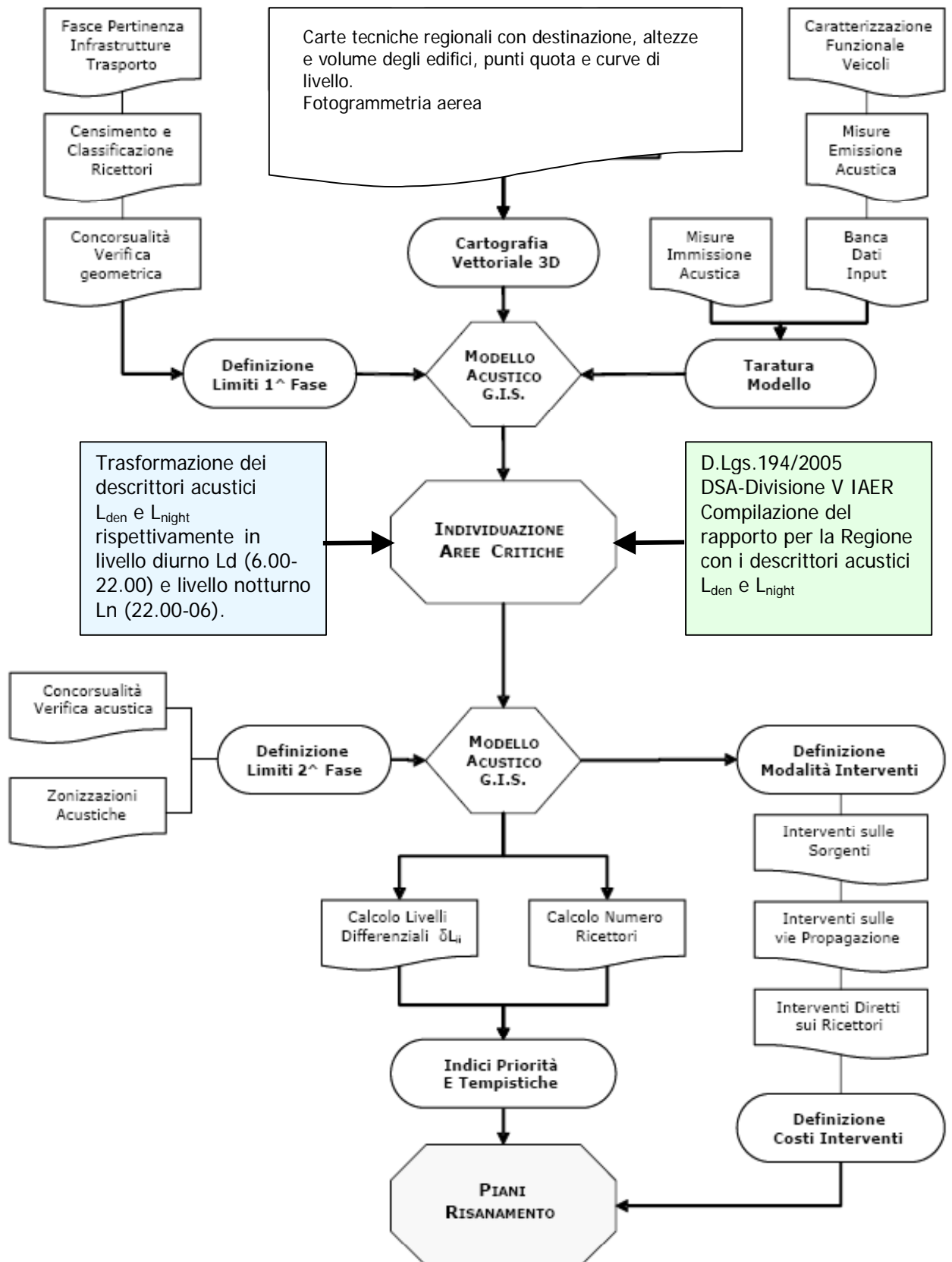


Figura 1.1 Diagramma di flusso della procedura per il piano di risanamento acustico

Ciò premesso, la Provincia di Pistoia, ai sensi dell'art. 3 comma 1, e sulla base delle indicazioni emerse dal Piano Provinciale dei Trasporti (PPT) ha individuato al momento quattro tre tratti stradali su cui presumibilmente transitano più di 6.000.000 veicoli all'anno, ed uno interessato da flussi veicolari minori, per i quali, in via sperimentale, è stata redatta la mappatura acustica, e precisamente (v. figure 1.1-1.4):

- SP 1, VARIANTE PRATESE tratto di 1200 m nel comune di Agliana, tra il confine provinciale e l'incrocio con la SP 6;
- SP 9, MONTALBANO tratto di 4500 m nei comuni di Serravalle e Pistoia, tra Casalguidi e Bonelle all'ingresso in Pistoia in corrispondenza della nuova rotatoria;
- SP 15, BUGGIANESE tratto di 700 m nel comune di P.te Buggianese, tra l'incrocio con la SP 22 (Via del Porrione) e la SP 26;
- SP 26, CAMPORCIONI tratto di 1870 m nei comuni di P.te Buggianese, Buggiano e Massa e Cozzile, tra l'incrocio con la SP 15 e l'Ipercoop.

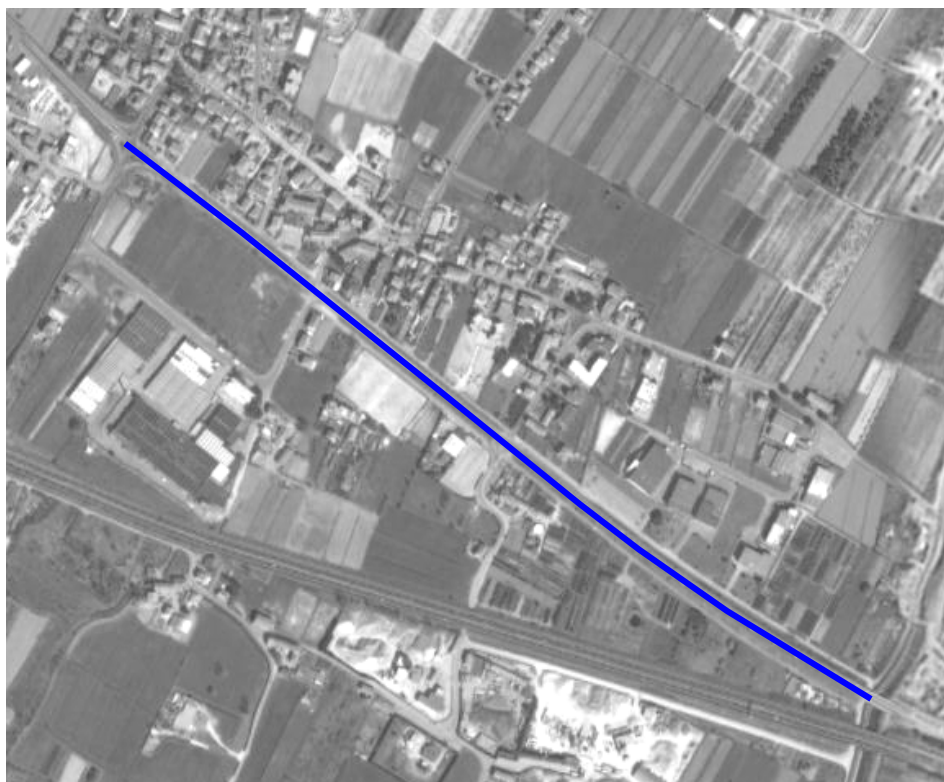


Figura 1.1 Tratto della SP 1

I tratti suddetti hanno le seguenti caratteristiche:

- la SP 1 presenta edificazioni prevalenti su di un lato (strada ad L di 13 m), con flusso veicolare superiore a 8 milioni di veicoli all'anno;

- la SP 9 presenta una tipologia mista con edificazioni di tipo su un solo lato e case sparse (strada aperta ed a L di larghezza da 9 a 10.5 m), con flusso veicolare superiore a 7 milioni di veicoli all'anno;
- la SP 15 presenta edificazioni sia su un lato, sia su entrambi i lati della strada (strada ad U e larghezza di 10.5 m), con flusso veicolare superiore a 2 milioni di veicoli all'anno e quindi sensibilmente inferiore rispetto alle altre;
- la SP 26 presenta edificazioni solo di case sparse (strada aperta di larghezza da 10.5 a 12 m) con flusso veicolare superiore a 8 milioni di veicoli all'anno.

Nella seconda fase, a seguito degli esiti della mappatura acustica degli assi stradali principali in questione, la Provincia, entro il 18 luglio 2008, elaborerà i piani di azione e le sintesi che verranno trasmessi alla Regione.



Figura 1.2 Tratto della SP 15

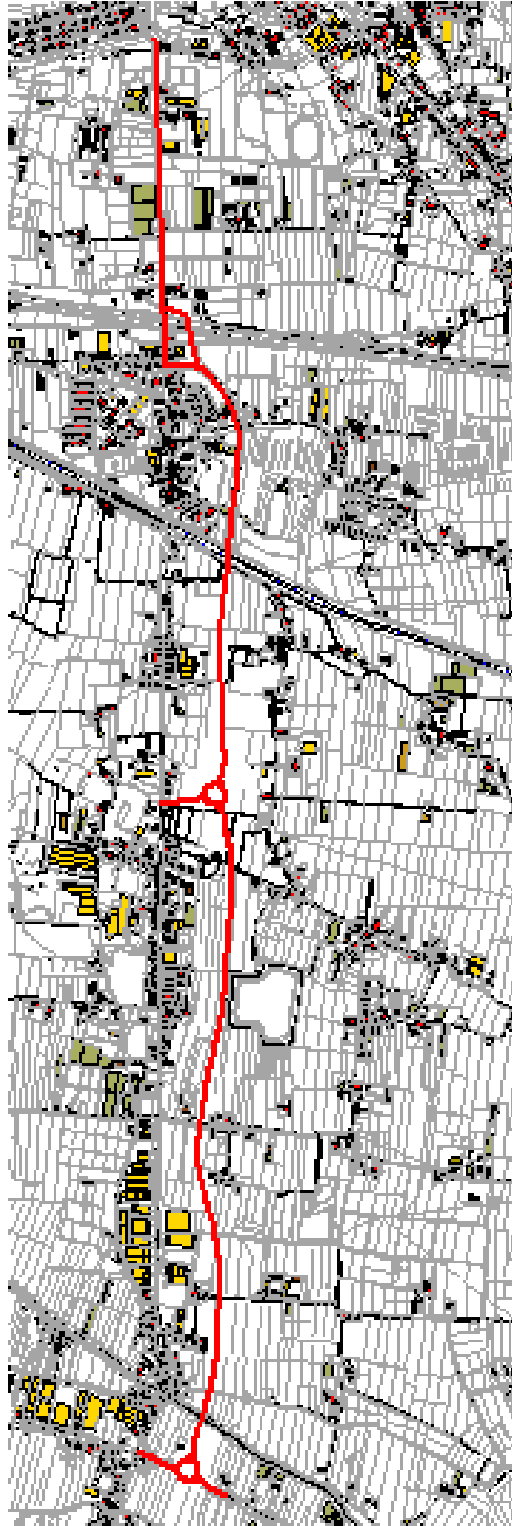


Figura 1.3 Tratto della SP 9



Figura 1.4 Tratto della SP 26

2. Il quadro normativo

Il D.lgs 19 agosto 2005, n.194 «Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale» al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi dell'esposizione al rumore ambientale, definisce le competenze e le procedure per:

- a) l'elaborazione della mappatura acustica e delle mappe acustiche strategiche;
- b) l'elaborazione e l'adozione dei piani di azione, volti ad evitare e a ridurre il rumore ambientale laddove necessario, in particolare, quando i livelli di esposizione possono avere effetti nocivi per la salute umana, nonché ad evitare aumenti del rumore nelle zone silenziose;
- c) assicurare l'informazione e la partecipazione del pubblico in merito al rumore ambientale ed ai relativi effetti. Particolarmente importanti per quanto attiene le strade sono le definizioni che individuano le conseguenti azioni; si definiscono allora:
 - **«asse stradale principale»**: un'infrastruttura stradale su cui transitano ogni anno più di 3.000.000 di veicoli;
 - **«agglomerato»**: area urbana, individuata dalla regione, costituita da uno o più centri abitati ai sensi dell'articolo 3 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, e successive modificazioni, contigui fra loro e la cui popolazione complessiva è superiore a 100.000 abitanti;

- «**L_{den} (livello giorno-sera-notte)**»: il descrittore acustico relativo all'intera giornata;
- «**L_{day} (livello giorno)**»: il descrittore acustico relativo al periodo dalle 06:00 alle 20:00;
- «**L_{evening} (livello sera)**»: il descrittore acustico relativo al periodo dalle 20:00 alle 22:00;
- «**L_{night} (livello notte)**»: il descrittore acustico relativo al periodo dalle 22.00 alle 06.00;
- «**mappatura acustica**»: la rappresentazione di dati relativi a 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 in una determinata area o il numero di abitazioni esposte a determinati valori di un descrittore acustico in una certa zona;
- «**piani di azione**»: i piani destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti, compresa, se necessario, la sua riduzione;
- «**pianificazione acustica**»: il controllo dell'inquinamento acustico futuro mediante attività di programmazione, quali la classificazione acustica e la pianificazione territoriale, l'ingegneria dei sistemi per il traffico, la pianificazione dei trasporti, l'attenuazione del rumore mediante tecniche di insonorizzazione ed il controllo dell'emissione acustica delle sorgenti.
- «**rumore ambientale**»: i suoni indesiderati o nocivi in ambiente esterno prodotti dalle attività umane, compreso il rumore emesso da mezzi di trasporto, dovuto al traffico veicolare, al traffico ferroviario, al traffico aereo e proveniente da siti di attività industriali.
- «**facciata silenziosa**»: la facciata delle abitazioni in cui il valore di L_{den} a 4 m di altezza dal suolo e a 2 m di distanza dalla facciata, per i rumori emessi da una specifica sorgente, sia inferiore di oltre 20 dB a quello registrato sulla facciata avente il valore più alto di L_{den} .

Il livello (giorno-sera-notte) L_{den} in dBA, è definito dalla seguente formula:

$$L_{den} = 10 \lg \left[(14 \times 10^{L_{day}/10} + 2 \times 10^{(L_{evening}+5)/10} + 8 \times 10^{(L_{night}+10)/10}) / 24 \right] \text{ in dBA}$$

dove:

- a) L_{den} e' il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», determinato sull'insieme dei periodi giornalieri di un anno solare;
- b) L_{day} e' il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», determinato sull'insieme dei periodi diurni di un anno solare;
- c) $L_{evening}$ e' il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», determinato sull'insieme dei periodi serali di un anno solare;

d) L_{night} e' il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», determinato sull'insieme dei periodi notturni di un anno solare.

La determinazione dei descrittori suddetti sull'insieme dei periodi diurni, serali e notturni potrà avvenire attraverso l'applicazione di tecniche previsionali e/o di campionamento statistico. In tal caso i punti prescelti per il calcolo del rumore sono posti ad un'altezza dal suolo di 4,0 m e sulla facciata più esposta, ovvero il muro esterno rivolto verso la sorgente specifica e più vicino ad essa. Per altri fini, quali la pianificazione acustica e la mappatura acustica, possono essere scelti altri punti di misura, ma la loro altezza dal suolo non deve mai essere inferiore a 1,5 m, ad esempio nel caso di:

- zone rurali con case a un solo piano;
- elaborazione di misure locali atte a ridurre l'impatto acustico su abitazioni specifiche;
- mappatura acustica dettagliata di un'area limitata, con rappresentazione dell'esposizione acustica di singole abitazioni.

Per il rumore del traffico veicolare si è utilizzato il metodo di calcolo ufficiale francese «NMPB-Routes-96 (SETRACERTU-LCPC-CSTB)», citato nell'«Arreaté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routieres, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6» e nella norma francese «XPS 31-133». Per i dati di ingresso concernenti l'emissione, questi documenti fanno capo al documento «Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prevision des niveaux sonores, CETUR 1980».

I dati da trasmettere alla Regione sono i seguenti:

- il numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75; le cifre vanno arrotondate al centinaio per eccesso o per difetto: (ad esempio: 5.200 = tra 5.150 e 5.249; 100 = tra 50 e 149; 0 = meno di 50);
- il numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{night} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70;
- la superficie totale, in km^2 , esposta a livelli di L_{den} rispettivamente superiori a 55, 65 e 75 dB. Occorre inoltre fornire il numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di abitazioni e il numero totale stimato di persone, arrotondato al centinaio, presenti in ciascuna zona. Le cifre includono gli agglomerati. Occorre rappresentare anche le curve di livello sonoro 55 e 65 dBA su una o più mappe, che devono comprendere informazioni sull'ubicazione di paesi, città e agglomerati all'interno delle curve di livello.

Sono altresì forniti i dati d'ingresso del modello di calcolo utilizzato, ed in particolare la caratterizzazione dell'asse stradale riportando:

- ubicazione, dimensione e andamento planoaltimetrico;
- tipologia del manto stradale e stato di conservazione;
- flussi di traffico con suddivisione nei periodi di calcolo e velocità veicolari;
- tipologia di veicoli (pesanti e leggeri)¹

2.1 Campo d'indagine e stima della popolazione residente

Ai fini dell'estensione del campo di indagine, in prima applicazione, è sufficiente prendere in esame le fasce di pertinenza stabilite dal DPR 142/2004, riportate nella Tabella I seguente.

Le strade provinciali in esame SP 1, SP 9, SP15 e SP26 dal punto di vista acustico possono essere classificate in generale, sulla base delle indicazioni fornite, in tipologia C², con larghezza di m.10,50 comprendente doppia corsia da m. 3,75 e doppia banchina da m. 1,50, senza separazione delle carreggiate.

In tal caso l'ampiezza delle fasce di pertinenza acustica è di 250 m per lato, suddivisa in due sottofasce: una prima fascia denominata A di 100 m a ridosso dell'infrastruttura, ed una seconda fascia denominata B di ulteriori 150 m. Per la categoria Cb tale fascia è ridotta a 50 m.

Negli agglomerati urbani è evidente che l'effetto schermante esercitato dalle prime file di fabbricati prospicienti la strada è notevole, potendo anche superare i 10-15 dB, pertanto, previa conferma dell'ipotesi suddetta, si è deciso di limitare l'indagine ai primi 100 m, dove verosimilmente si troveranno i fabbricati maggiormente disturbati.

In questa fase conoscitiva il "Reporting" esclude i tratti stradali affidati alla gestione comunale e pertanto la mappatura prende in esame solo il rumore ambientale attribuibile alla infrastruttura provinciale. All'interno degli agglomerati, invece, nel rumore ambientale devono essere considerate anche le altre sorgenti sonore ed in particolare le strade di competenza comunale. Per quanto attiene alla popolazione residente nell'abito territoriale delle fasce di rispetto, questa è stata stimata sulla base del volume delle abitazioni, definendo il *numero di abitanti insediabili*, a partire dallo standard urbanistico del DM n°1444/1968 che assegna 18 m²/abitante. Calcolato il volume V (m³) delle abitazioni, questo viene diviso per

¹ All'interno dei veicoli leggeri dovrebbero essere individuati anche i motocicli, tuttavia tale dato non è al momento disponibile, salvo per le rilevazioni eseguite durante le misure fonometriche.

² Nuove norme funzionali e geometriche per la costruzione della strada (D.M. 5 nov. 2001)

una altezza convenzionale di $h = 3$ m, determinando la superficie complessiva S (m^2) e quindi il numero di abitanti Ab dividendo la stessa per il valore standard:

$$Ab = V / (3 \times 18) \quad (\text{n}^\circ \text{ abitanti insediabili})$$

| Tabella I VALORI LIMITE DI IMMISSIONE STRADE ESISTENTI E ASSIMILABILI (ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti) | | | | | | |
|--|---|--|---|----------------|-----------------|----------------|
| TIPO DI STRADA (secondo Codice della Strada) | SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (secondo Norme CNR 1980 e direttive PUT) | Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m) | Scuole ¹ , ospedali, case di cura e di riposo | | Altri Ricettori | |
| | | | Diurno dB(A) | Notturmo dB(A) | Diurno dB(A) | Notturmo dB(A) |
| A - autostrada | | 100 (fascia A) | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | | 150 (fascia B) | | | 65 | 55 |
| B - extraurbana principale | | 100 (fascia A) | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | | 150 (fascia B) | | | 65 | 55 |
| C - extraurbana secondaria | Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980) | 100 (fascia A) | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | | 150 (fascia B) | | | 65 | 55 |
| | Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie) | 100 (fascia A) | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | | 50 (fascia B) | | | 65 | 55 |
| D - urbana di scorrimento | Da (strade a carreggiate separate e interquartiere) | 100 | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento) | | 50 | 40 | 65 | 55 |
| E - urbana di quartiere | | 30 | definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. del 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall’articolo 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995. | | | |
| F - locale | | 30 | | | | |

¹ per le scuole vale il solo limite diurno

In merito alle residenze, l'individuazione è stata fatta in base al codice (n°201) ed all'altezza, eliminando gli edifici aventi altezza inferiore a 4 m (box, garage, ecc.), anche perchè le valutazioni in merito ai livelli di rumore sulle facciate più esposte e la mappatura acustica è richiesta alla quota di 4 m.

Al fine di valutare l'attendibilità del parametro suddetto, una recente indagine svolta per la città di Prato³ ha rivelato un valore oscillante tra 21 m²/ab nel 1995 e 26 m²/ab nel 2005, pertanto la stima condotta dovrebbe prudenzialmente portare ad un numero sovrastimato di abitanti residenti. Si deve altresì evidenziare che l'esposizione dei fabbricati, e conseguentemente dei residenti, in mancanza di informazioni di dettaglio è assunta uniforme sui quattro lati e pari al valore massimo di esposizione, così come evidenziato in figura 2.1.1.



Figura 2.1.1 Livelli di esposizione dei fabbricati assunta pari a 69 dB

3. Caratteristiche dell'emissione sonora

Il rumore da traffico stradale è usualmente un fenomeno estremamente variabile sia nello spazio che nel tempo, particolarmente evidente nei centri abitati come si evince dalla figura 3.1 e quindi con livelli variabili delle emissioni sonore; il rumore da traffico autostradale presenta invece delle caratteristiche che, pur variabili nel periodo notturno e diurno, mediamente si mantengono costanti sia durante i giorni lavorativi della settimana che nei vari mesi dell'anno (v. figura 3.2).

³ Comune di Prato "Stato di attuazione degli standard urbanistici sul Territorio Comunale" Dicembre 2006.

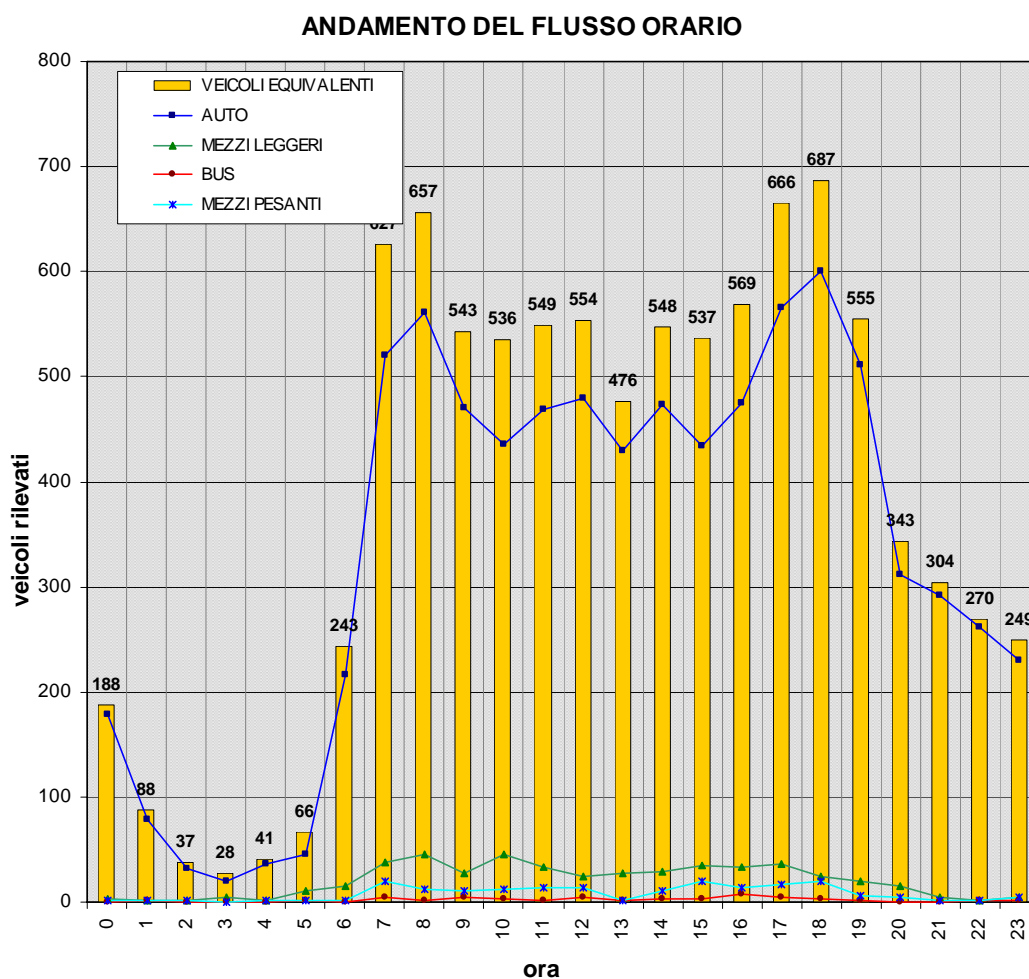


Figura 3.1 Tipico andamento dei flussi orari su strada provinciale(SP1 sez. 7)

Quanto sopra emerge sia dai dati sul traffico forniti dalla Soc. Autostrade sia dalle rilevazioni acustiche condotte sul campo in diversi periodi dell'anno.

I veicoli costituiscono le sorgenti sonore che complessivamente danno luogo all'immissione di rumore nelle aree adiacenti alla sede stradale: la nuova normativa in materia di controllo della rumorosità ha definitivamente sancito il connubio tra veicolo e sede di transito tanto da assimilare le strade a vere e proprie sorgenti sonore, con i soggetti che le gestiscono chiamati al controllo delle emissioni al pari di qualsiasi altra sorgente sonora.

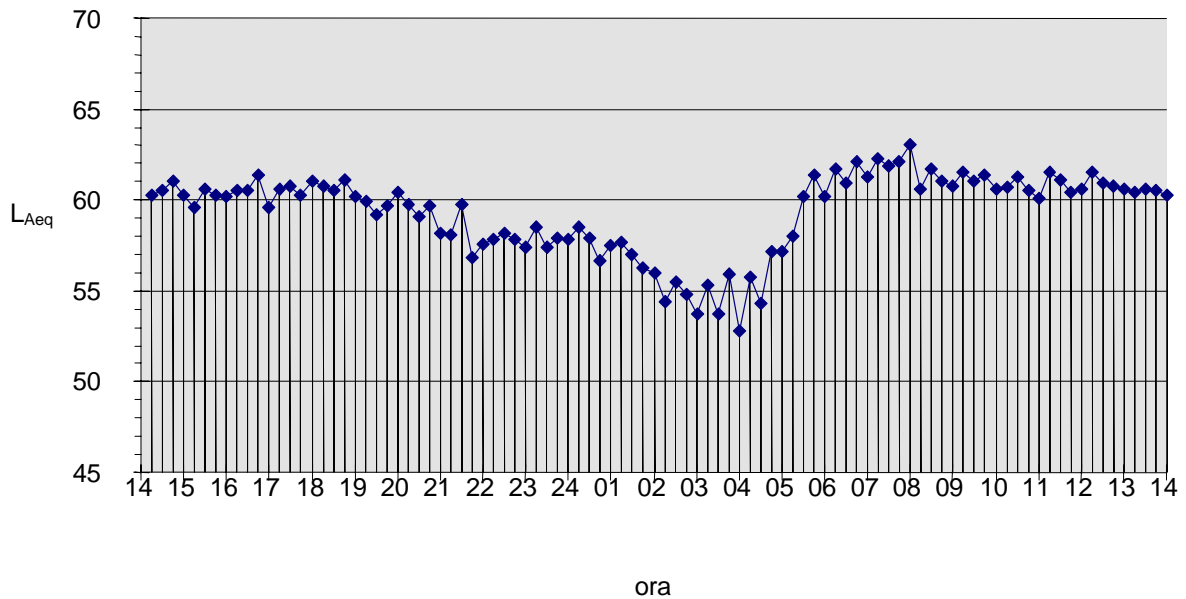


Figura 3.2 Andamento tipico dei livelli di rumore in autostrada in giornate lavorative

Per quanto attiene alle emissioni in questione, in ciascun veicolo si possono distinguere varie fonti di rumore:

- motore;
- impianto di aspirazione e scarico;
- trasmissione;
- impianto di raffreddamento;
- contatto ruota-pavimentazione;
- rumore aerodinamico.

La rumorosità prodotta dal motore è composta dal rumore di combustione (componente principale nei motori diesel, mentre non è solitamente rilevante nei motori a benzina) e dal rumore meccanico, dovuto agli organi di distribuzione, manovellismo e trasmissione ed in generale al movimento delle parti; essa dipende quindi dalle caratteristiche costruttive del motore.

Il rumore di aspirazione e di scarico è provocato dal passaggio di gas nei relativi condotti e dalle perturbazioni che ne seguono; la rumorosità dello scarico è riducibile entro certi limiti mediante adeguati silenziatori.

Il rumore prodotto dalla trasmissione non è in genere di rilevante importanza eccezion fatta per i veicoli dotati di motori molto silenziosi.

La rumorosità dell'impianto di raffreddamento del motore è usualmente avvertibile solo all'interno dell'abitacolo, ma non all'esterno durante il passaggio del veicolo; diviene rilevante soltanto nel caso di autoveicoli incolonnati in ingorgo con motore funzionante a

basso numero di giri, nel qual caso lo spettro di rumorosità si incrementa soprattutto alle alte frequenze. Il rumore di rotolamento dei pneumatici diviene la fonte di rumorosità principale alle alte velocità e cresce in genere con l'usura degli stessi, con incrementi variabili da 1 a 5 dBA. Anche il tipo e le condizioni della pavimentazione influenzano notevolmente il rumore da rotolamento; la presenza di acqua sull'asfalto ad esempio porta ad un notevole incremento di rumorosità, soprattutto alle alte frequenze.

Per quanto attiene il presente studio, per tutte le strade si è assunto un *fondo stradale corrispondente ad asfalto corrugato/poroso* che, secondo gli algoritmi di calcolo usati dal software, creano un incremento di rumorosità di 1 dB rispetto ad una superficie liscia.

Infine, il rumore aerodinamico nel caso di veicoli stradali è del tutto trascurabile rispetto alle altre fonti di rumore. L'importanza relativa delle varie fonti di rumore dipende dal tipo di veicolo e soprattutto dalla sua velocità.

Si può quindi concludere che alle basse velocità il rumore del motore prevale, mentre alle alte velocità diviene importante anche il rotolamento. Il rumore da rotolamento, considerate le velocità medie dei veicoli in autostrada, è quindi particolarmente significativo ed è su di esso che si devono incentrare le azioni di riduzione della rumorosità (rispetto dei limiti di velocità specialmente per i veicoli pesanti) oltre che sugli interventi di difesa passivi (barriere).

3.1 Correlazione tra Livelli sonori rilevati e dati del censimento del traffico

La rumorosità in corrispondenza di un ricettore indotta dal traffico stradale (espressa in Livello equivalente continuo ponderato A, L_{Aeq}) dipende da due classi di parametri: la distribuzione temporale dei veicoli (nelle varie ore del giorno, secondo il giorno della settimana) e le caratteristiche di circolazione del luogo (rettilineo, curva, pendenza della strada, ecc.), oltre ovviamente alla tipologia dei veicoli stessi. In altre parole il L_{Aeq} è correlato alla portata oraria della strada ed alla velocità media dei veicoli. Si può osservare che, a parità di tipologia del traffico, finché la velocità media si mantiene elevata, il livello più alto si verifica in corrispondenza dei flussi di traffico più intensi; viceversa, se con traffico molto intenso la velocità media si riduce sensibilmente (ad esempio auto in colonna) si possono riscontrare riduzioni della rumorosità anche se transitano un numero complessivamente maggiore di veicoli; considerare quindi il flusso massimo di traffico di una strada come la condizione più gravosa dal punto di vista acustico non è condizione di per sé sufficiente se non si tiene conto anche della velocità media dei veicoli.

Ciò premesso per quanto attiene alle velocità dei veicoli, si è fatto riferimento ai limiti stabiliti per i tratti stradali, tenuto conto anche delle osservazioni eseguite durante le

rilevazioni fonometriche. Per quanto attiene la distinzione tra i veicoli, la Società AUTOSTRADE effettua una classificazione in base al passo degli assi:

- categoria 1: < 5 m;
- categoria 2: 5 – 10 m;
- categoria 3 > 10 m.

Al fine delle valutazioni in esame le categorie 2 e 3 sono state considerate un'unica categoria (veicoli merci), mentre la prima rimane invariata (veicoli passeggeri).

Al fine di valutare le ipotesi di incremento di traffico con dati reali, si sono confrontati i valori dei flussi veicolari in autostrada tra il settembre 1997 e il settembre 1999 (v. Tabella II), da cui emerge un incremento del 3% (1,5% all'anno). Tale valore è sufficientemente in linea con i valori dell'incremento di traffico ipotizzato dalla ditta SINTAGMA, esecutrice del piano dei trasporti provinciale; l'andamento del traffico medio giornaliero ha inoltre evidenziato che nei mesi di settembre e ottobre si verificano le punte massime.

In merito si ricorda che un raddoppio del traffico provoca al massimo un incremento di 3 dB, a parità di velocità media.

I dati del traffico non corrispondono esattamente alla zona oggetto di intervento, tuttavia si può ritenere con buona approssimazione che i valori in questione siano sufficientemente rappresentativi anche per la zona in esame.

| Tabella II Valori medi giornalieri di traffico (tratto FI Nord – Prato Est) | | |
|--|------------|-------|
| | Passeggeri | Merci |
| Anno 1997 | | |
| marzo | 34.200 | 4.036 |
| maggio | 35.044 | 4.288 |
| giugno | 34.227 | 4.099 |
| luglio | 35.073 | 4.420 |
| agosto | 26.416 | 2.349 |
| settembre | 35.485 | 4.427 |
| ottobre | 34.826 | 4.553 |
| Anno 1998 | | |
| settembre | 36.092 | 4.543 |
| ottobre | 35.434 | 4.474 |
| Anno 1999 | | |
| settembre | 36.129 | 5.043 |
| ottobre | 35.497 | 4.867 |

Nelle valutazioni successive a questa prima fase, in mancanza di ulteriori dati, si assumerà in via prudenziale che i flussi veicolari dell'autostrada siano incrementati rispetto a quelli di settembre 1999 del 25%, ovvero con un incremento di rumorosità di circa 1 dB (v. Tabella III).

| Tabella III A-11 Rilievo Flussi Settembre: rilievi 1999 aggiornati al 2007 | | | |
|--|--------|------------------------------|------------------------------|
| fonte | orario | Veicoli leggeri ¹ | Veicoli pesanti ¹ |
| A-11 | 06-20 | 40348 | 5502 |
| | 20-22 | 1497 | 374 |
| | 22-06 | 2800 | 844 |
| ¹ valori aumentati del 25% rispetto ai valori del 1999 | | | |

In alcune tratte, l'emissione sonora delle strade Provinciali esaminate si interseca con quella emessa da altre sorgenti sonore stradali, per le quali si sono assunti valori dei flussi di traffico desunti o da altri rilievi fonometrici o dall'esperienza: normalmente si tratta di strade secondarie con influenza trascurabile a fronte di quella delle strada provinciale; diverso è il caso dell'autostrada A-11 nei tratti prossimi o che intersecano la SP 1 ad Agliana, e la SP 9 in ingresso a Pistoia (loc. Bonelle).

4. Flussi veicolari sulle strade in esame

Ai fini delle valutazioni d'impatto acustico generato dal traffico veicolare sui tratti stradali delle strade oggetto d'indagine, si è fatto riferimento in via prioritaria ai valori rilevati nel 2002 dalla Società SINTAGMA incaricata di redigere il Piano Provinciale dei Trasporti (PPT). In 25 sezioni stradali sono stati rilevati i flussi di traffico, classificati in base alla tipologia di veicoli. Le sezioni d'interesse per lo studio tratte dalla Tavola A38P08 del piano sono:

- per la SP 1 la 7, 9 e 11 (v. figura 4.1);
- per la SP 9 la 5 e 25 (v. figura 4.2)
- per la SP 26 la 16 (v. figura 4.3)

Per quanto attiene alla SP 15 i flussi veicolari sono stati dedotti sulla base delle rilevazioni condotte in tre distinti periodi del giorno: al mattino, al pomeriggio nelle ore di punta ed alla sera dopo le 20.00, applicando al periodo notturno le diminuzioni di traffico rilevate sulla adiacente SP 25.

Il PPT ha individuato due scenari di crescita della domanda di trasporto in un intervallo di 12 anni fra il 1998 e il 2010.

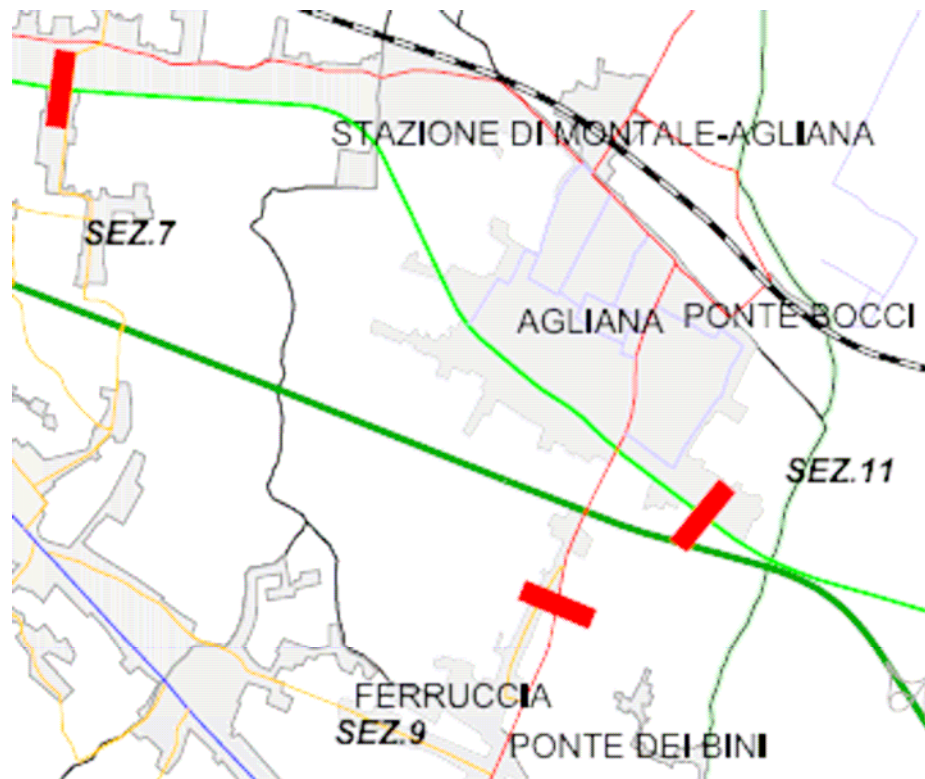


Figura 4.1 SP I-Sezioni di rilievo del traffico veicolare (fonte PPT Tavola A38P08)

Nello “scenario basso” si prevede un aumento della domanda passeggeri su auto privata pari al 13.7% nei 12 anni, con una crescita annua di poco più dell’1%; nello “scenario alto” si prevede un aumento della domanda passeggeri del 33%, con una crescita annua superiore al 2.5%. Per la provincia di Pistoia è stato scelto di individuare due trend di crescita dei flussi veicolari; il primo è fra il 2002 ed il 2008, il secondo trend di crescita è fra il 2008 ed il 2015, periodo in cui saranno a regime gli interventi previsti dall’Accordo di Programma stipulato fra Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Regione Toscana, Azienda Ferroviaria ed

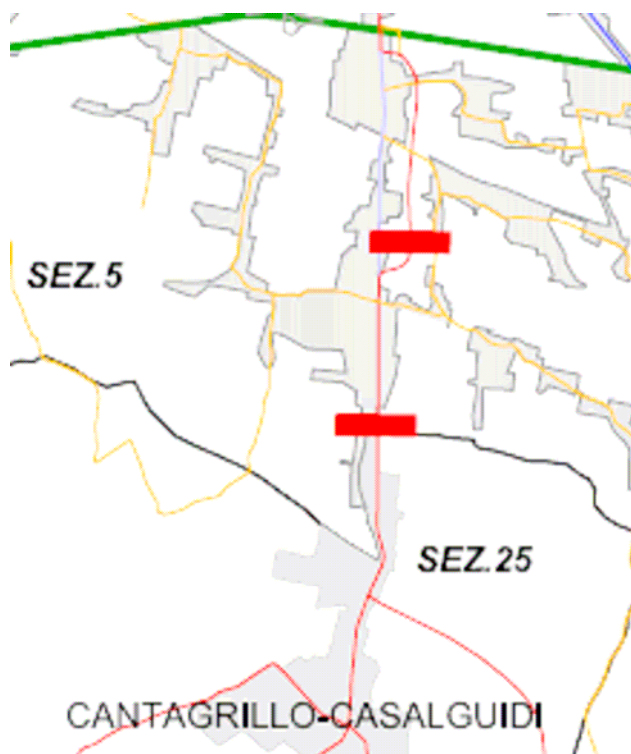


Figura 4.2 SP 9-Sezioni di rilievo del traffico veicolare (fonte PPT Tavola A38P08)



Figura 4.3 SP 26-Sezioni di rilievo del traffico veicolare (fonte PPT Tavola A38P08)

Enti Locali, per cui si può ipotizzare un assorbimento di una consistente quota di domanda passeggeri da parte ferroviaria.

Le ipotesi avanzate sono perciò:

- crescita annua del 2.3% fra il 2002 ed il 2008, con una complessiva variazione percentuale, nel periodo 2002-2008, del 14.6%;
- crescita annua dell'1.5% fra il 2008 ed il 2015, con una complessiva variazione percentuale, nel periodo 2008-2015, pari all'11%;

Tra il 2002 ed il 2015 si ipotizza pertanto una crescita globale del 25.6%. Tale tasso di crescita è quindi analogo a quello ipotizzato per l'autostrada A11.

Nelle matrici di domanda relative ai due scenari futuri (2008 e 2015) è stato tenuto conto anche delle nuove strutture realizzate sul territorio, in particolare il nuovo ospedale di Pistoia, il nuovo centro commerciale di Pistoia, il nuovo centro commerciale di Agliana, il recupero urbanistico delle aree ex Breda nella parte sud di Pistoia.

Il modello previsionale dei flussi veicolari é stato poi riferito, attraverso la suddetta crescita della domanda di mobilità, all'intervallo orario 6,15-9,15. L'intervallo di simulazione è ampio, coprendo le tre ore della fascia di punta del mattino, che comprende sia la fascia di punta mattutina degli spostamenti su auto privata che la fascia di punta mattutina degli spostamenti su gomma pubblica extraurbana.

Sulla base delle ipotesi d'incremento del traffico del piano suddetto, i valori dei flussi veicolari rilevati nelle sezioni delle strade in esame sono stati aumentati del 2,3% su base annua e comunque confrontati con i valori spot dei flussi veicolari misurati durante le rilevazioni fonometriche del settembre 2007 al fine di verificare l'assenza di scostamenti macroscopici tra flussi rilevati ed ipotizzati.

Particolarmente interessante per lo studio di valutazione dell'impatto acustico è, comunque, la situazione ipotizzata al 2008, coincidente temporalmente con lo studio in questione.

Questo riferimento temporale è stato preso perché, oltre a rappresentare il tempo stimato per la realizzazione degli interventi ferroviari previsti dall'Accordo di Programma, è anche il termine ultimo previsto per la realizzazione di alcuni degli interventi previsti dal PTC.

In particolare sono stati ultimati o in fase di ultimazione i seguenti interventi di interesse per le strade in esame rappresentati nella Tavola A38P29 del PPT:

- interventi di fluidificazione con rotatorie della SP1 in attraversamento del centro abitato di Agliana;
- realizzazione dei primi 2 lotti della nuova tangenziale di Prato;
- tangenziale di Pistoia: chiusura a nord;
- tangenziale di Pistoia: fluidificazione del tratto terminale della tangenziale sud mediante rotatorie con assi di continuità;
- collegamento SR 66 Fiorentina con rotatoria terminale della tangenziale sud di Pistoia (nuovo accesso a Pistoia da sud);
- completamento della variante di Bonelle alla SP 9 di Montalbano, riqualificazione della SP 9 in ingresso a Pistoia;
- variante di Montecatini: collegamento fra SR 435 e SP 26.

Nelle tavole grafiche allegate al PPT è possibile valutare gli effetti della realizzazione degli interventi sopra elencati, in termini di flussi di traffico che transitano sulle nuove infrastrutture.

In sintesi i flussi veicolari sono stati dedotti da tre fonti:

- le rilevazioni al 2002 nelle sezioni del PPT riportate allo stato attuale (più 12%);
- le previsioni del traffico nello scenario al 2008 (Tavola A38P29 del PPT);
- le rilevazioni fatte nel corso delle misure fonometriche e nei periodi precedentemente descritti per la SP 15.

Per quanto attiene agli assi stradali, ai fini acustici, si è assunto che il valore globale fosse diviso equamente sia sul lato destro che sinistro della sede stradale.



Figura 4.4 SP 1-Effetti degli interventi infrastrutturali al 2008
Scenario di domanda intervallo 6.15-9.15(fonte PPT Tavola A38P29)

4.1 Flussi veicolari sulla SP 1 e ambito di indagine

I flussi veicolari assunti a base delle valutazioni, suddivisi nei periodi 6.00-20.00, 20.00-22.00, 22.00-06, sono riportati nella Tabella IV seguente. I veicoli pesanti sono mediamente circa il 4,6 % dei veicoli circolanti. Nella Tabella V sono riportati i flussi veicolari anche

della SP 6 che si interseca con la SP 1 nel punto ovest al termine del tratto in esame, e che saranno considerati nella seconda fase dello studio.

| Tabella IV SP 1 Rilievo Flussi | | | Giorno: 16/05/-09/10/2002 (PPT) | | |
|--|--------|-----------------|--|------------------------------|------------------------------|
| fonte | orario | Veicoli leggeri | Veicoli pesanti | Veicoli leggeri ¹ | Veicoli pesanti ¹ |
| PPT sez.7-11 | 06-20 | 16136 | 889 | 18072 | 996 |
| PPT sez.7 | 20-22 | 1160 | 13 | 1299 | 15 |
| PPT sez.7 | 22-06 | 1897 | 35 | 2125 | 39 |
| velocità | | | Km/ora | 60 | 50 |
| Velocità in rotatoria | | | Km/ora | 50 | 50 |
| ¹ valori aumentati del 2,3% su base annua e quindi complessivamente del 12% | | | | | |

| Tabella V SP 6 Rilievo Flussi | | | Giorno: 07/10/2002 (PPT) | | |
|--|--------|-----------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| fonte | orario | Veicoli leggeri | Veicoli pesanti | Veicoli leggeri ¹ | Veicoli pesanti ¹ |
| PPT sez.9 | 06-20 | 14668 | 701 | 16428 | 785 |
| PPT sez.9 | 20-22 | 978 | 26 | 1095 | 29 |
| PPT sez.9 | 22-06 | 1008 | 45 | 1129 | 50 |
| velocità | | | Km/ora | 50 | 50 |
| ¹ valori aumentati del 2,3% su base annua e quindi complessivamente del 12% | | | | | |

Per quanto attiene alla popolazione residente, sulla base di quanto precedentemente esposto, i risultati del calcolo sono riportati in Tabella VI.

| Tabella VI SP 1 Edifici e popolazione residente nelle fasce di pertinenza acustica | | | | |
|---|------------------------|--------------------------------|-------------|---------------------|
| Volume edificato (m ³) | Standard | Altezza di piano convenzionale | N° abitanti | N° edifici (h >4 m) |
| 97.481 | 18 m ² /ab. | 3 m | 1.800 | 83 |

L'ambito di indagine definito dall'ampiezza delle fasce di pertinenza è rappresentato in figura 4.1.1.

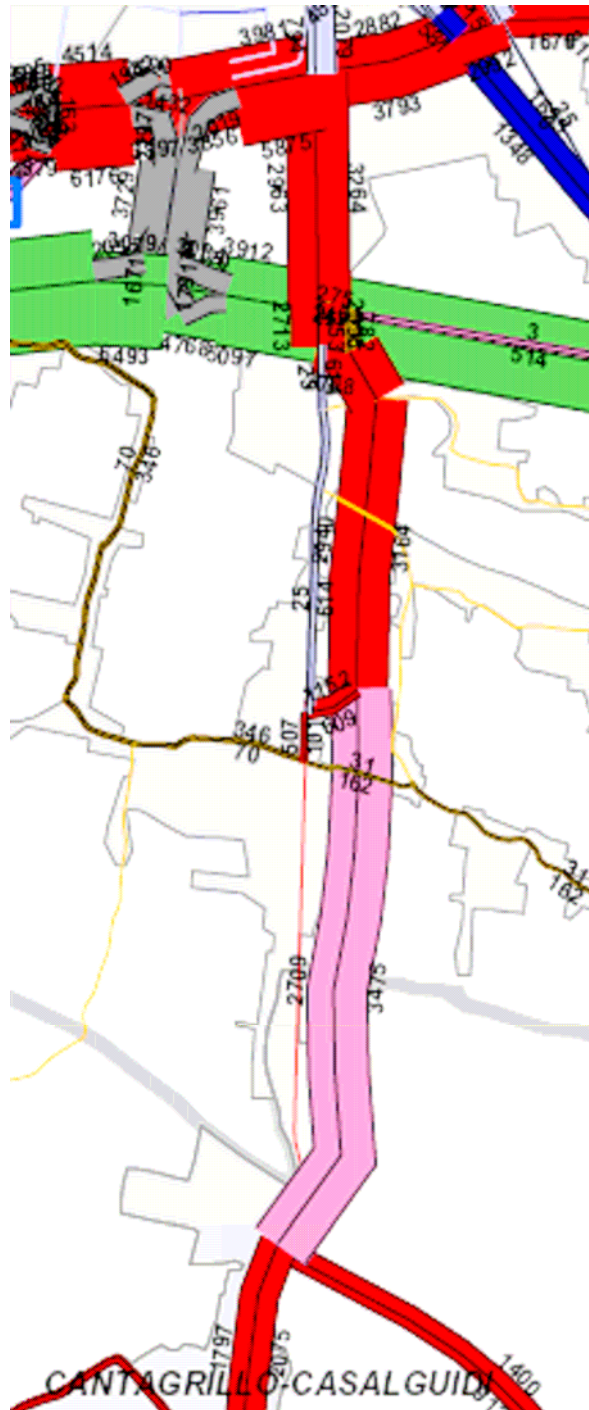


Figura 4.5 SP 9-Effetti degli interventi infrastrutturali al 2008
Scenario di domanda intervallo 6.15-9.15(fonte PPT Tavola A38P29)

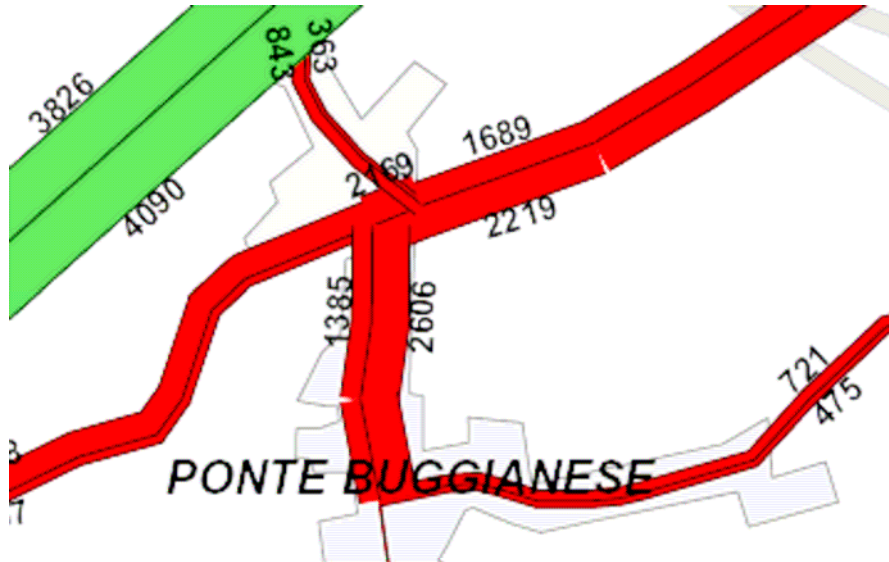


Figura 4.6 SP 15-Effetti degli interventi infrastrutturali al 2008
Scenario di domanda intervallo 6.15-9.15(fonte PPT Tavola A38P29)



Figura 4.7 SP 26-Effetti degli interventi infrastrutturali al 2008
Scenario di domanda intervallo 6.15-9.15(fonte PPT Tavola A38P29)



Figura 4.1.1 SP 1 - Fasce di pertinenza acustica di 100 m

4.2 Flussi veicolari sulla SP 9 e ambito di indagine

I flussi veicolari assunti a base delle valutazioni, suddivisi nei periodi 6.00-20.00, 20.00-22.00, 22.00-06, sono riportati nella Tabella VII seguente. I veicoli pesanti sono mediamente circa il 2,6 % dei veicoli circolanti.

| Tabella VII SP 9 Rilievo Flussi | | | Giorno: 23/05-24/10/2002 (PPT) | | |
|--|--------|-----------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| fonte | orario | Veicoli leggeri | Veicoli pesanti | Veicoli leggeri ¹ | Veicoli pesanti ¹ |
| PPT sez.9 | 06-20 | 15593 | 447 | 17464 | 501 |
| PPT sez.9 | 20-22 | 961 | 8 | 1076 | 9 |
| PPT sez.9 | 22-06 | 1555 | 24 | 1742 | 27 |
| velocità | | | Km/ora | 70 | 60 |
| Velocità in rotatoria | | | Km/ora | 50 | 50 |
| ¹ valori aumentati del 2,3% su base annua e quindi complessivamente del 12% | | | | | |



Figura 4.2.1 SP 9 - Fasce di pertinenza acustica di 100 m

Per quanto attiene alla popolazione residente, i risultati del calcolo sono riportati in Tabella VIII.

| Tabella VIII SP 9 - Edifici e popolazione residente nelle fasce di pertinenza acustica | | | | |
|---|------------------------|-----------------------|-------------|------------|
| Volume edificato (m ³) | Standard | Altezza convenzionale | N° abitanti | N° edifici |
| 137.016 | 18 m ² /ab. | 3 m | 2.500 | 133 |

4.3 Flussi veicolari sulla SP 26 e ambito d'indagine

I flussi veicolari assunti a base delle valutazioni, suddivisi nei periodi 6.00-20.00, 20.00-22.00, 22.00-06, sono riportati nella Tabella VII seguente. I veicoli pesanti sono mediamente circa il 3,3 % dei veicoli circolanti.

| Tabella IX SP 26 Rilievo Flussi | | | Giorno: 23/05-24/10/2002 (PPT) | | |
|--|--------|-----------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| fonte | orario | Veicoli leggeri | Veicoli pesanti | Veicoli leggeri ¹ | Veicoli pesanti ¹ |
| PPT sez.9 | 06-20 | 16670 | 613 | 18670 | 687 |
| PPT sez.9 | 20-22 | 849 | 15 | 951 | 17 |
| PPT sez.9 | 22-06 | 1509 | 28 | 1690 | 31 |
| velocità | | | Km/ora | 60 | 50 |
| ¹ valori aumentati del 2,3% su base annua e quindi complessivamente del 12% | | | | | |

L'ambito di indagine definito dall'ampiezza delle fasce di pertinenza è rappresentato in figura 4.3.1. Per quanto attiene alla popolazione residente, i risultati del calcolo sono riportati in Tabella X.

| Tabella X SP 26 - Edifici e popolazione residente nelle fasce di pertinenza acustica | | | | |
|---|------------------------|-----------------------|-------------|------------|
| Volume edificato (m ³) | Standard | Altezza convenzionale | N° abitanti | N° edifici |
| 28.135 | 18 m ² /ab. | 3 m | 500 | 22 |

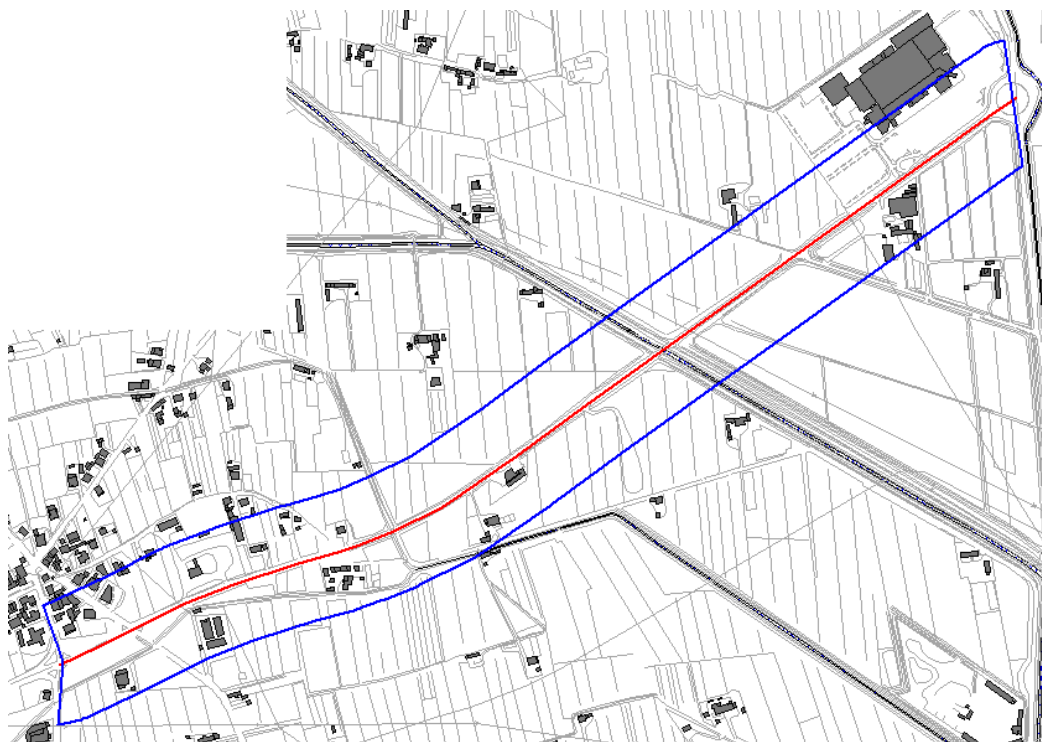


Figura 4.3.1 SP 26 - Fasce di pertinenza acustica di 100 m

4.4 Flussi veicolari sulla SP 15 e ambito d'indagine

I flussi veicolari assunti a base delle valutazioni, suddivisi nei periodi 6.00-20.00, 20.00-22.00, 22.00-06, sono riportati nella Tabella XI seguente. I flussi in questione sono stati dedotti sia dalle rilevazioni dirette effettuate in data 21 Settembre 2007 dal personale dipendente della Provincia presso il Centro Operativo Ankuri, sia dalle rilevazioni eseguite in data 7 settembre nel corso delle misurazioni fonometriche. Per quanto riguarda la suddivisione nei tre periodi diurno, serale e notturno, si è deciso, in mancanza di dati diretti, di stabilire una correlazione tra i flussi delle sezioni con i flussi nell'intervallo 6.15-9.15 ove disponibili.

In pratica si opera così:

- si individua la percentuale dei veicoli pesanti PP% della strada provinciale in esame;
- si determina la percentuale di veicoli pesanti PPS% per la strada secondaria SS sulla base del rapporto di correlazione $PPS\% = (PP\% \cdot SS) / SP$ dove SS sono i veicoli equivalenti nell'intervallo 6,15-9,15 della strada secondaria e SP sono i veicoli equivalenti della strada provinciale nel medesimo intervallo temporale;
- si determinano i veicoli totali ST della strada secondaria sulla base del rapporto $ST = (STP \cdot SS) / SP$ dove STP sono i veicoli totali circolanti sulla strada provinciale;

- infine si determinano i flussi veicolari della strada secondaria negli intervalli temporali 6-20, 20-22 e 22-06, per i veicoli leggeri e pesanti, moltiplicando ST per i rapporti STPi/STP, dove STPi sono i veicoli leggeri o pesanti circolanti nell'intervallo temporale i-esimo della strada provinciale.

Per la strada SP 15 il riferimento è stato fatto con la vicina SP 26.

| Tabella XI SP 15 Calcolo Flussi | | | | | |
|--|-------------|-----------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
| fonte | orario | Veicoli leggeri | Veicoli pesanti | Veicoli leggeri ¹ | Veicoli pesanti ¹ |
| PPT sez.9 | 06-20 | - | - | 5217 | 192 |
| PPT sez.9 | 20-22 | - | - | 266 | 5 |
| PPT sez.9 | 22-06 | - | - | 472 | 9 |
| velocità Km/ora | - | - | - | 50 | 50 |
| Provincia PT 27.09.07 | 8.00-8.30 | 480 | 21 | - | - |
| | 20.30-21.00 | 278 | - | - | - |
| LFA 07.09.07 | 17.00-17.30 | 394 | 8 | - | - |
| ¹ valori aumentati del 2,3% su base annua e quindi complessivamente del 12% | | | | | |

L'ambito di indagine definito dall'ampiezza delle fasce di pertinenza è rappresentato in figura 4.4.1.

Per quanto attiene alla popolazione residente, i risultati del calcolo sono riportati in Tabella XII.

| Tabella XII SP 15 - Edifici e popolazione residente nelle fasce di pertinenza acustica | | | | |
|---|------------------------|-----------------------|-------------|------------|
| Volume edificato (m ³) | Standard | Altezza convenzionale | N° abitanti | N° edifici |
| 70.796 | 18 m ² /ab. | 3 m | 1.300 | 70 |



Figura 4.4.1 SP15 - Fasce di pertinenza acustica di 100 m

5. Valutazioni previsionali del clima acustico

Il problema della previsione del rumore si suddivide in due sotto-problemi: la modellazione della sorgente, al fine di determinare il livello di potenza sonora di questa, e quella della propagazione. A monte di tali problematiche vi è tuttavia la costruzione del modello geometrico tridimensionale del territorio DGM (Digital Ground Model), fondamentale per ottenere un'esatta simulazione della propagazione sonora tanto quanto l'esattezza dei dati sulle sorgenti. Tale modello può essere calcolato partendo dai dati relativi alle curve di livello, ai punti quota, all'altezza degli edifici, ecc.

Un ulteriore aspetto è relativo alla griglia di calcolo: più questa è fitta maggiore è la precisione della simulazione e viceversa (v.figura 5.1).

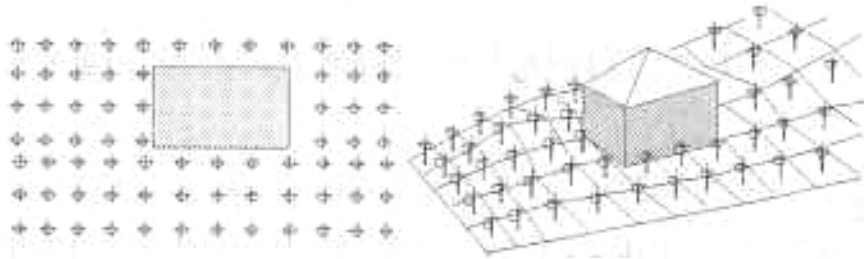


Figura 5.1 Rappresentazione di una griglia di punti distribuiti uniformemente sul territorio.

L'uso della griglia di calcolo permette contemporaneamente di ottenere una rappresentazione dei livelli di rumore attraverso aree di uguale intensità, ed evidenziare il livello sonoro percepito nel singolo punto in cui è posto il ricevitore. Nel caso specifico la griglia di calcolo usata è stata di 5 m.

Nella determinazione dei livelli sonori per ciascun ricevitore si usa la tecnica del “ray-tracing”. Tale tecnica si basa sul fatto che ciascun ricevitore “lancia” omnidirezionalmente, dei raggi di ricerca secondo lo schema di figura 5.2 (il cui incremento è per default di 1 grado per una estensione di 5 km) grazie ai quali vengono intercettate le sorgenti presenti sul cammino di tale raggio. Il contributo delle sorgenti sul livello percepito dal ricevitore viene calcolato tenendo presenti, oltre ai parametri acustici, la geometria e tipologia della sorgente e del territorio. Per ciascun raggio di ricerca sarà quindi attribuito un preciso livello di rumore al ricevitore, che deriva dalle sorgenti e degli ostacoli intercettati da quel singolo raggio, e che sarà sommato ai livelli derivanti da tutti i raggi di ricerca partiti da quel ricevitore.

Il percorso d'ogni singolo raggio descrive, mediante i principi dell'ottica geometrica, in che modo è attenuata l'onda incidente a partire da una determinata sorgente di rumore.

Non vi è limite al numero delle riflessioni o diffrazioni che il modello può considerare, se non quello posto dai tempi di calcolo. E', infatti, molto importante definire i parametri d'input: numero dei raggi sonori da lanciare, lunghezza massima del percorso di propagazione prima di arrestare il calcolo dell'attenuazione, ecc. Più fine ed estesa sarà la “ricerca” degli elementi che influenzano la propagazione, tanto maggiore sarà la precisione del risultato, ma anche il tempo di elaborazione richiesto. Occorre tener conto anche del fatto che con l'aumento della distanza fra sorgente e ricevitori, la precisione del risultato decresce. Come regola pratica è bene considerare, in via cautelativa, un'incertezza di 2-3 dB.

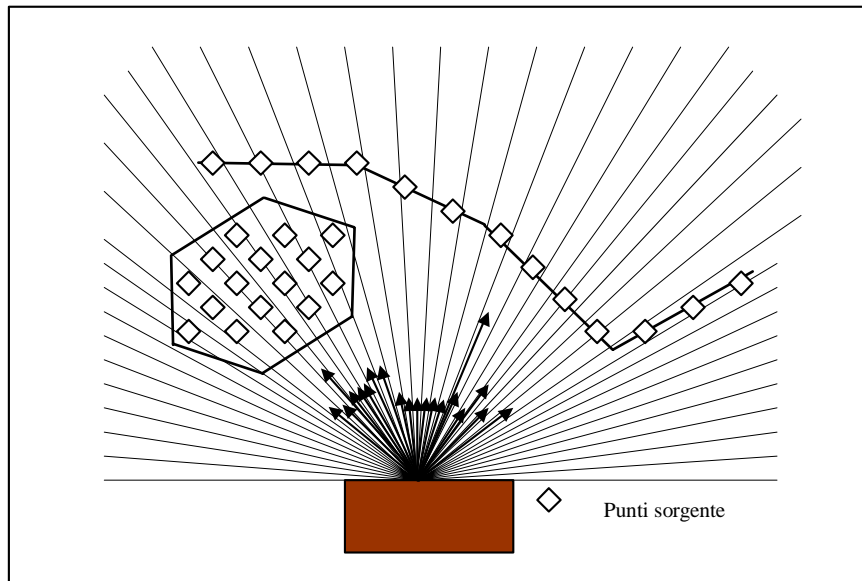


Figura 5.2 I raggi di ricerca partenti dal ricevitore (in questo caso addossato ad un edificio) intercettano le varie tipologie di sorgenti (lineari ed areali).

Per ottenere una corretta simulazione acustica dell'area in esame, è necessario quindi creare un modello dell'area capace di rappresentare la geomorfologia ed i parametri geometrici ed acustici degli elementi che la caratterizzano.

Tale modellazione è stata realizzata tramite tre fasi fra loro propedeutiche:

- una prima fase in cui è stato costruito il modello geometrico tridimensionale del territorio,
- una seconda fase in cui le informazioni geometriche precedentemente inserite sono state integrate con i parametri acustici necessari per la caratterizzazione delle sorgenti,
- una terza fase in cui è stato verificato che il modello costruito rappresentasse correttamente il fenomeno in esame.

Nel caso specifico è stato utilizzato il software SOUNDPLAN versione 6.4, che permette di effettuare simulazioni sui livelli sonori in ambiente esterno dovuto a sorgenti di traffico stradale e ferroviario, nonché a sorgenti fisse di tipo industriale, facendo uso di diversi standard di calcolo selezionabili dall'utente.

È possibile tenere conto di diverse forme d'attenuazione sonora presenti in ambiente esterno, tra cui:

- divergenza geometrica delle onde;
- effetto suolo;
- effetto di barriere;
- effetto di rilevati del terreno;

- assorbimento acustico da parte dell'aria;
- effetto delle riflessioni multiple e della vegetazione.

Per i calcoli delle emissioni sonore da parte del traffico stradale, il software ha utilizzato gli algoritmi desunti dal citato standard NMPB-Routes 96, recepito nelle norme europee di Noise Mapping.

5.1 Ipotesi di calcolo

Allo scopo di effettuare la simulazione dei livelli di pressione sonora è stato creato un modello geometrico tridimensionale dell'area oggetto dell'intervento e delle aree limitrofe.

Nel modello sono compresi gli edifici esistenti e quello di nuova realizzazione, e la viabilità stradale esistente. Il modello riproduce le sorgenti lineari da traffico come file di sorgenti puntiformi e simula la divergenza geometrica del suono, l'effetto suolo, l'effetto barriera e la riflessione.

A partire dai dati di traffico presunti (numero di veicoli giornalieri, percentuale di transiti serali, notturni e diurni, percentuale di veicoli pesanti, velocità, ecc.), viene definito il Livello Medio di Emissione che è un livello di riferimento a 25 metri di distanza dalla strada ed a 4 metri di altezza dal suolo.

I risultati sono forniti, per i periodi in esame, come livello equivalente in dBA all'altezza dal suolo definita dall'utente. Sono altresì forniti i livelli sonori massimi in facciata degli edifici stessi, ad una distanza anch'essa definibile dall'utente (nel caso specifico a 2 m).

Rumore dovuto a strade

Il livello di riferimento $L_{Aw/m,k}$ livello di potenza sonora pesato A per metro lineare di sorgente per il periodo k viene calcolato in base alla seguente relazione:

$$L_{Aw/m,k} = E_{lv,k} + 10 \lg(Q_{lv,k}) + E_{hv,k} + 10 \lg(Q_{hv,k})$$

dove Q è il numero di veicoli leggeri ($Q_{lv,k}$) o pesanti ($Q_{hv,k}$) nel periodo k, E è il livello d'emissione riferito ai veicoli leggeri $E_{lv,k}$ e pesanti $E_{hv,k}$ calcolati con la seguente relazione:

$$E = E_0 + a \lg\left(\frac{v}{v_0}\right)$$

dove E_0 , a, sono funzione del tipo di traffico (scorrevole o fluttuante), della inclinazione della strada (in salita, discesa o pianura) e della tipologia di veicoli (leggeri o pesanti), mentre v è la

velocità dei veicoli e $v_0 = 20$ km/h la velocità di riferimento; $\Delta_{10\text{km/h}}$ rappresenta la variazione d'emissione di un veicolo per una variazione di velocità di 10 km/h .

| Light vehicles | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|-------------|----------------|-------|---------------------|---------------------------|--------------|--------------|----------------|-------|---------------------|
| | Slope | v | E ₀ | a | Δ _{10km/h} | | Slope | v | E ₀ | a | Δ _{10km/h} |
| Continuous fluid | Flat or Down | v < 44 | 29.4 | 0 | 0 | Non-differentiated pulsed | Flat or Down | v < 40 | 34.0 | -9.3 | -0.8 |
| | | v ≥ 44 | 22.0 | 21.6 | +1.9 | | | 40 ≤ v < 53 | 31.2 | 0 | 0 |
| | Up | v < 43 | 37.0 | -10.0 | -0.9 | | Up | v < 43 | 37.0 | -10.0 | -0.9 |
| | | 43 ≤ v < 80 | 32.1 | 4.8 | +0.4 | | | 43 ≤ v < 80 | 32.1 | 4.8 | +0.4 |
| | | v ≥ 80 | 22.0 | 21.6 | +1.9 | | | v ≥ 80 | 22.0 | 21.6 | +1.9 |
| Pulsed Accelerated | Flat | v < 50 | 37.0 | -10.0 | -0.9 | Pulsed Decelerated | Flat | v < 60 | 29.4 | 0 | 0 |
| | | 50 ≤ v < 64 | 33.0 | 0 | 0 | | | 60 ≤ v < 100 | 13.0 | 34.3 | +2.3 |
| | | v ≥ 64 | 22.0 | 21.6 | +1.9 | | | v ≥ 100 | 22.0 | 21.6 | +1.9 |
| | Up | v < 32 | 37.0 | -10.0 | -0.9 | | Up | v < 40 | 34.0 | -9.3 | -0.8 |
| | | v ≥ 32 | 34.0 | 5.2 | +0.5 | | | 40 ≤ v < 53 | 31.2 | 0 | 0 |
| | | v < 40 | 34.0 | -9.3 | -0.8 | | | v ≥ 53 | 22.0 | 21.6 | +1.9 |
| | Down | 40 ≤ v < 53 | 31.2 | 0 | 0 | | Down | v < 60 | 27.4 | 0 | 0 |
| | | v ≥ 53 | 22.0 | 21.6 | +1.9 | | | v ≥ 60 | 11.3 | 33.8 | +3.0 |

| Heavy vehicles | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|-------------|----------------|-------|---------------------|---------------------------|--------------|-------------|----------------|-------|---------------------|
| | | | | | | | | | | | |
| Slope | | v | E ₀ | a | Δ _{10km/h} | Slope | | v | E ₀ | a | Δ _{10km/h} |
| Continuous fluid | Flat or Down | v < 51 | 47.0 | -10.3 | -0.9 | Non-differentiated pulsed | Flat or Down | v < 51 | 47.0 | -10.3 | -0.9 |
| | | 51 ≤ v < 70 | 42.8 | 0 | 0 | | | 51 ≤ v < 70 | 42.8 | 0 | 0 |
| | | v ≥ 70 | 32.3 | 19.4 | +1.7 | | | v ≥ 70 | 32.3 | 19.4 | +1.7 |
| | Up | v < 63 | 48.0 | -10.4 | -0.9 | | Up | v < 63 | 48.0 | -10.4 | -0.9 |
| | | 63 ≤ v < 70 | 42.8 | 0 | 0 | | | 63 ≤ v < 70 | 42.8 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Pulsed Accelerated | Flat or Down | v < 51 | 47.0 | -10.3 | -0.9 | Pulsed Decelerated | Flat | v < 65 | 36.0 | 3.9 | +0.3 |
| | | 51 ≤ v < 70 | 42.8 | 0 | 0 | | | v ≥ 65 | 16.7 | 41.7 | +3.6 |
| | | v ≥ 70 | 32.3 | 19.4 | +1.7 | | | Up | v < 65 | 41.0 | 0 |
| | Up | v < 63 | 48.0 | -10.4 | -0.9 | | v ≥ 65 | | 27.9 | 25.7 | +2.2 |
| | | 63 ≤ v < 70 | 42.8 | 0 | 0 | | v < 51 | | 47.0 | -10.3 | -0.9 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Dal valore $L_{Aw/m,k}$ si determina il livello $L_{Aw/m,\psi}$ livello medio di potenza sonora per metro lineare di sorgente corretto in funzione del parametro Ψ funzione della superficie stradale e della velocità dei veicoli relativo al periodo di riferimento:

$$L_{Aw/m,\Psi} = L_{Aw/m} + \Psi$$

o al periodo k

$$L_{Aw/m,\Psi} = 10 \lg \sum_k 10^{\frac{(L_{Aw/m,k} + \Psi)}{10}} \cdot \frac{h_k}{h_p}$$

dove h_k e h_p rappresentano rispettivamente la lunghezza del periodo di misurazione ed il periodo di riferimento (giorno, sera o notte) espressi in ore.

| | | | | | | |
|---|--------|--|-----------|------------------------|-------------|--|
| Average sound power level per meter of lane, corrected in the light of the road surface – Variable traffic conditions during the reference period ($k > 1$) | | $L_{Aw/m,\Psi} = 10 \lg \sum_k 10^{\frac{(L_{Aw/m,k} + \Psi)}{10}} \cdot \frac{h_k}{h_p}$ | | | | |
| Sound power level per meter of lane, corrected in the light of the road surface – Same traffic conditions during the reference period | | $L_{Aw/m,\Psi} = L_{Aw/m} + \Psi$ | | | | |
| Correction for road surfacing | Ψ | Road Surface Categories | | Noise Level Correction | | |
| | | Porous Surface | 0-60 km/h | 61-80 km/h | 81-130 km/h | |
| | | | -1 dB | -2 dB | -3 dB | |
| | | Smooth asphalt (concrete or mastic) | 0 dB | | | |
| | | Cement Concrete and Corrugated asphalt | +2 dB | | | |
| | | Paving Stones | +3 dB | | | |
| Length of the elementary period | h_k | Length of the elementary period under consideration, expressed in hours | | | | |
| Length of the reference period | h_p | Length of the reference period under consideration (day, evening or night), expressed in hours | | | | |

Infine il livello medio di potenza sonora L_{Awi} originato dalla sorgente elementare i-esima ottenuta dividendo ciascuna sezione della strada in numero prefissato di sorgenti puntuali, alle varie bande d'ottava j, è dato dalla seguente relazione:

$$L_{Awi} = L_{Aw/m,\Psi} + 20 + 10 \lg(l_i) + R(j)$$

dove l_i è la lunghezza della sorgente elementare i, e $R(j)$ è il fattore correttivo alla banda d'ottava j deducibile dalla tabella seguente.

| | | | | | | | | | |
|--|------|---|-------|-------|------|------|------|-------|--|
| Sound power level of an elementary source i in a given octave band j | | $L_{Awi} = L_{Aw/m,\Psi} + 20 + 10\lg(l_i) + R(j)$ | | | | | | | |
| Length of elementary source line | Li | Length of the elementary source line resulting from the segmentation used for the calculation | | | | | | | |
| Spectral value for octave band j | R(j) | j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Normalised A-weighted octave band traffic noise spectrum calculated from third octave spectrum of ISO 1793-3 |
| | | Octave band (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| | | Value of R(j) in dB(A) | -14.5 | -10.2 | -7.2 | -3.9 | -6.4 | -11.4 | |

Nella figura 5.1.1 seguente sono riepilogate le impostazioni utilizzate per la mappatura acustica ed il calcolo dei livelli di rumore in facciata (altezza 4 m e distanza 2 m).

The figure consists of two screenshots of the SOUNDPLAN 6.4 software interface. The top screenshot shows the 'Impostazioni' (Settings) tab, and the bottom screenshot shows the 'Mappa' (Map) tab.

Impostazioni Tab:

- Incremento angolare: 1
- N° riflessioni: 1
- Grado di riflessione: 1
- Source side reflection precalc: ☒
- MaxAngolo ricerca [m]: 5000
- Errore tollerato [dB]: 0.0
- Ponderazione: dB(A)
- Abilita diffrazione laterale: ☒
- set 5dB agg. ferrovia: ☒
- Create ground effect areas from road surfaces: ☒

Mappa Tab:

- Recalculate Grid Map: ☐
- Recalculation area: [Empty field] >>
- Calcola nuova mappa: ☒
- Grid Space [m]: 5
- Altezza sopra terr. [m]: 4
- Max# punti sostituibili (per punti interni edifici): 1
- Usa DGM #: ☒ 1
- Alt. terreno costante [0m]: ☐
- Interpolazione griglia:
 - Min/Max [dB]: 10
 - Differenza [dB]: 0.15
 - Dim. campo: 9x9

Figura 5.1.1 Maschere delle impostazioni di calcolo di SOUNDPLAN 6.4

5.2 Taratura del modello

Sulla base delle ipotesi di calcolo specificate nelle pagine precedenti e delle simulazioni effettuate, è stato effettuato il confronto tra i risultati dei calcoli previsionali e delle misurazioni eseguite (v. **Allegato 1 Schede delle rilevazioni fonometriche**). Il risultato del confronto è riportato nella Tabella XIII, dalla quale si evince che le differenze sono contenute

entro valori ammissibili, con una retta di regressione di affidabilità $R^2 = 0,96$ (v. figura 5.2.1). Nella figura 5.2.2 e seguenti sono riportati i punti di misura.

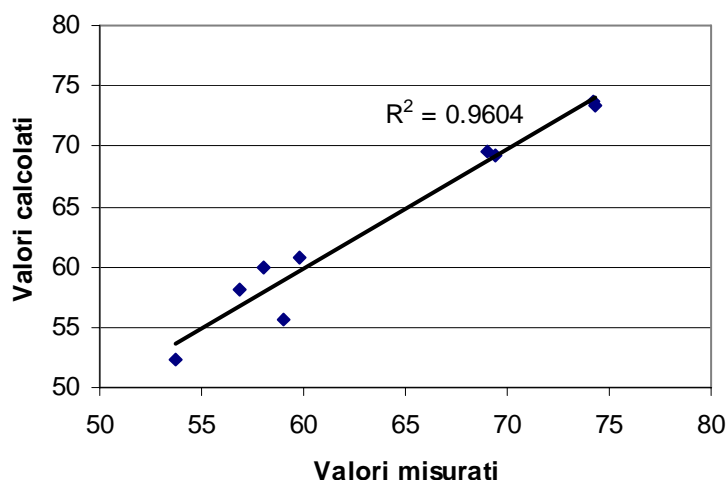


Figura 5.2.1 Confronto tra valori calcolati e misurati

| Tabella XIII Parametri inerenti la taratura del modello | | | |
|---|-----------------------|------------------------|-----------------|
| L _{eq} diurno (06-22) | valore misurato (dBA) | valore calcolato (dBA) | differenza (dB) |
| SP 1 | | | |
| Punto 1 | 59.9* | 58.0 | - 1.9 |
| Punto 2 | 58.2* | 56.9 | -1.3 |
| Punto 3 | 60.8 | 59.8 | -1.0 |
| Punto 4 | 69.6 | 69.0 | -0.6 |
| SP 9 | | | |
| Punto 1 | 73.4 | 74.3 | +0.9 |
| Punto 2 | 52.4 | 53.7 | +1.3 |
| Punto 3 | 55.7 | 59.0** | +3.3 |
| SP 15 | | | |
| Punto 1 | 69.3 | 69.4 | +0.1 |
| SP 26 | | | |
| Punto 1 | 73.7 | 74.2 | +0.5 |
| *valori corretti sottraendo 1.6 dB dovuti al rumore dell'asfaltatura della rotatoria in corso | | | |
| ** valore corretto con i nuovi flussi di traffico | | | |

6. Risultati della mappatura acustica e popolazione esposta

La mappatura acustica è espressa sia mediante i livelli massimi di rumore L_{den} e L_{night} in facciata degli edifici compresi nelle fasce di pertinenza acustica, sia mediante le curve di isolivello L_{den} calcolate a 4 m di altezza dal suolo.

I risultati, pertanto, sono rappresentati nei grafici delle figure riportate nell'**Allegato 2** riportanti i valori suddetti; sono state altresì riportate le curve di isolivello L_{den} 55-65 dBA

così come proposto dal Ministero dell'Ambiente.. Nella Tabella XIV sono sintetizzati i risultati che sono riportati anche nel citato *reporting*.

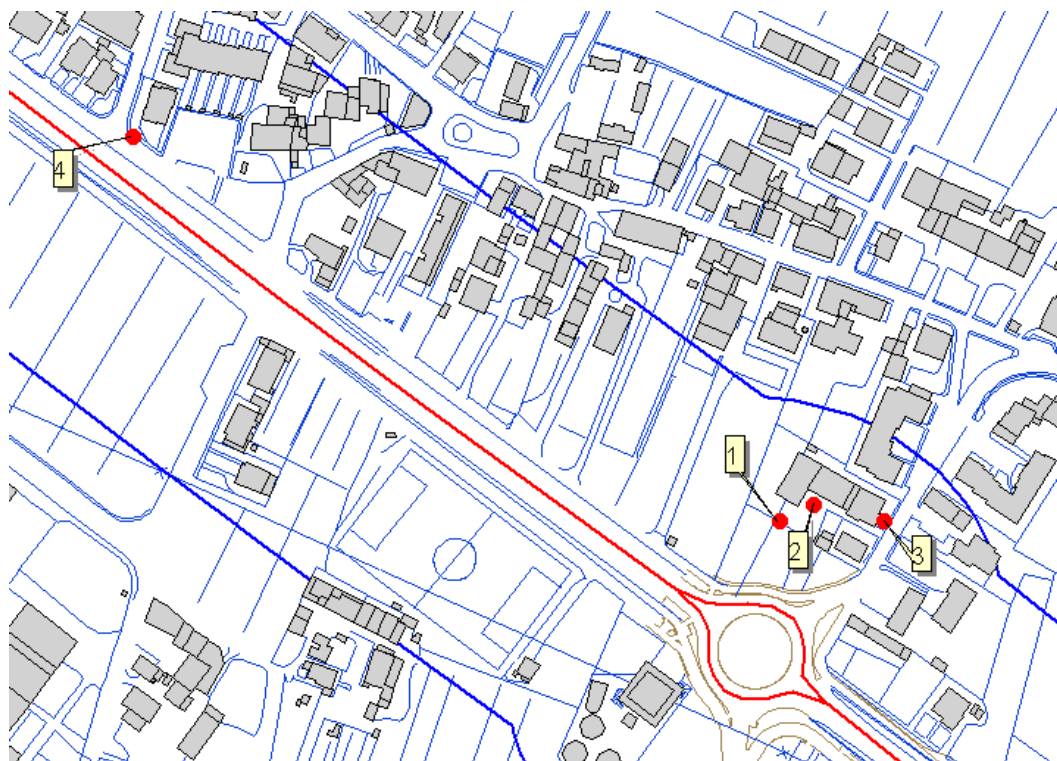


Figura 5.2.1 Punti di misura SP 1

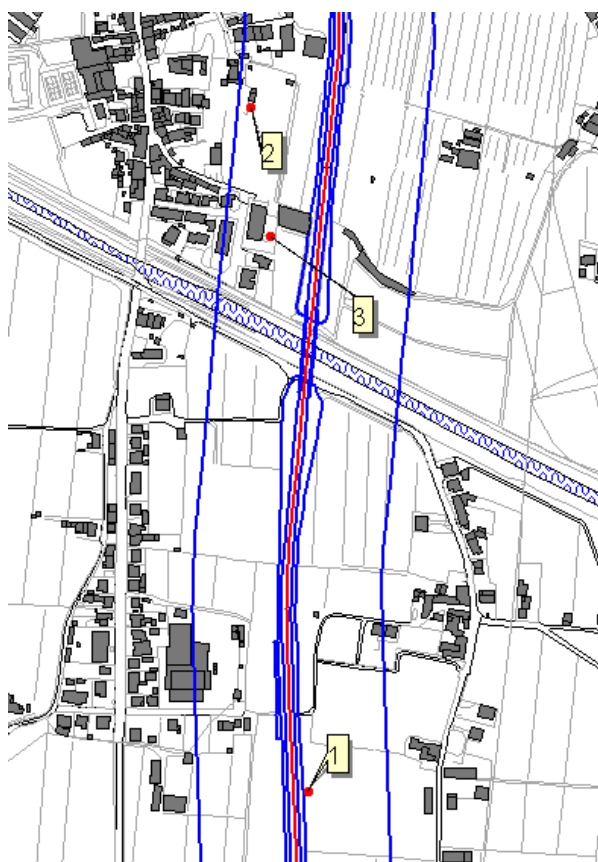


Figura 5.2.2 Punti di misura SP 9



Figura 5.2.3 Punto di misura SP 15



Figura 5.2.4 Punto di misura SP 26

In particolare nella tabella sono ricapitolati per ogni tratto di strada provinciale esaminato il numero stimato di persone esposte ai vari intervalli di livelli L_{den} e L_{night} e la superficie totale esposta rispettivamente a livelli superiori a 55, 65 e 75 dBA.

| Tabella XIV Riepilogo dei risultati della mappatura acustica | | | | | | | | | | |
|--|--|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-----|
| | Popolazione esposta (N° persone arrotondate a 100) | | | | | | | | | |
| | L _{den} | | | | | L _{night} | | | | |
| | 55-59 | 60-64 | 65-69 | 70-74 | >75 | 50-54 | 55-59 | 60-64 | 65-69 | >70 |
| SP 1 | 700 | 400 | 300 | - | - | 800 | 400 | 200 | - | - |
| SP 9 | 900 | 400 | 400 | 100 | 100 | 400 | 600 | 400 | 100 | - |
| SP 15 | 250 | 500 | - | - | - | 100 | 500 | - | - | - |
| SP 26 | 300 | - | - | - | - | 200 | - | - | - | - |
| | Superficie territorio (km²) | | | | | | | | | |
| SP 1 | 0.086 | 0.127 | 0.038 | 0.025 | 0.011 | | | | | |
| SP 9 | 0.393 | 0.480 | 0.127 | 0.074 | 0.035 | | | | | |
| SP 15 | 0.023 | 0.018 | 0.018 | - | - | | | | | |
| SP 26 | 0.125 | 0.151 | 0.041 | 0.029 | 0.006 | | | | | |
| | Superficie (km²) esposta a livelli L _{den} superiori a | | | | | | | | | |
| | > 55 | | > 65 | | > 75 | | | | | |
| SP 1 | 0.213 | | 0.063 | | 0.011 | | | | | |
| SP 9 | 0.873 | | 0.201 | | 0.035 | | | | | |
| SP 15 | 0.041 | | 0.018 | | - | | | | | |
| SP 26 | 0.276 | | 0.039 | | 0.006 | | | | | |
| | n° abitazioni | | | | | | | | | |
| SP 1 | 38 | 13 | 11 | - | - | | | | | |
| SP 9 | 46 | 18 | 11 | 5 | 2 | | | | | |
| SP 15 | 12 | 23 | 2 | - | - | | | | | |
| SP 26 | 10 | 3 | 2 | - | - | | | | | |

7. Considerazioni sui risultati

Innanzitutto preme sottolineare che il campo di indagine esteso a fasce territoriali di 100 m si è rivelato sufficiente per gli scopi dell'indagine, ovvero è stato possibile evidenziare le situazioni di criticità comprese sempre all'interno di tale fascia.

Infatti, come emerge dalla visione delle mappe, entro tale estensione territoriale non solo si trovano i livelli sonori maggiori sugli edifici direttamente esposti al rumore stradale, ma anche i livelli inferiori a 55 e 50 dBA, rispettivamente per i descrittori L_{den} e L_{night}.

Ciò costituisce un importante risultato considerato che si riducono notevolmente sia i tempi di calcolo delle simulazioni sia le estensioni di territorio interessate dalle infrastrutture in esame. Per quanto attiene ai livelli di esposizione solo per la SP 9 si hanno persone esposte a livelli L_{den} e L_{night} rispettivamente superiori a 70 e 65 dBA. Decisamente migliori sono le situazioni riscontrate per la SP 15 e 26, da un lato per i minori flussi di traffico (la SP15) e dall'altro per la scarsità e distanza delle abitazioni dalla sorgente di rumore stradale (SP26).

In una situazione intermedia si trova la SP 1.

Per quanto attiene ai livelli di rumore in facciata, questi sono riportati nelle mappe di cui all'**Allegato 2** per le situazioni maggiormente critiche.

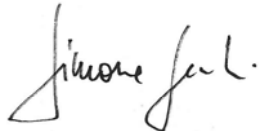
L'esame di tali mappe mostra che le riduzioni di rumore sulle facciate dello stesso edificio poste dalla parte opposta della strada assumono valori rilevanti, che a seconda dei casi possono arrivare fino a circa 16 dB.

Per quanto attiene alla possibilità di estrapolare informazioni per estendere la valutazioni a tipologie stradali simili a quelle esaminate, si può fare riferimento alla Tabella XV dove sono riportati per i campi di valori L_{den} la densità della popolazione esposta (abitanti/km²) e del corrispondente volume dei fabbricati: conoscendo la superficie e/o il volume dei fabbricati entro una fascia di 100 m dalla sede stradale, applicando tali parametri si può avere una indicazione, anche se di larga massima, della popolazione e dei fabbricati potenzialmente esposti ai livelli sonori in esame.

| Tabella XV Densità popolazione esposta a valori L_{den} | | | | | |
|---|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| L_{den} | | | | | |
| | 55-59 | 60-64 | 65-69 | 70-74 | > 75 |
| | Densità (abitanti/km ²) | | | | |
| SP 1 | 8140 | 3150 | 7895 | - | - |
| SP 9 | 2290 | 833 | 3150 | 1351 | 2857 |
| SP 15 | 10870 | 27778 | - | - | - |
| SP 26 | 2400 | - | - | - | - |
| L_{den} | | | | | |
| | 55-59 | 60-64 | 65-69 | 70-74 | > 75 |
| | Densità (volume/km ²) | | | | |
| SP 1 | 439535 | 170079 | 426316 | - | - |
| SP 9 | 123664 | 45000 | 170079 | 72973 | 154286 |
| SP 15 | 586957 | 1500000 | - | - | - |
| SP 26 | 129600 | - | - | - | - |

Nella seconda fase della ricerca saranno definiti i possibili interventi di riduzione della rumorosità nelle aree critiche, secondo la procedura esposta e sintetizzata nella figura 1.1, ed in base alle indicazioni contenute nella vigente normativa.

Prof. Simone Secchi
(tecnico competente n° 178)



Prof. Gianfranco Cellai
(tecnico competente n° 30)



Allegati :

Allegato 1 Schede rilevazioni fonometriche

Allegato 2 Risultati delle simulazioni

ALLEGATO 1

Schede rilevazioni fonometriche

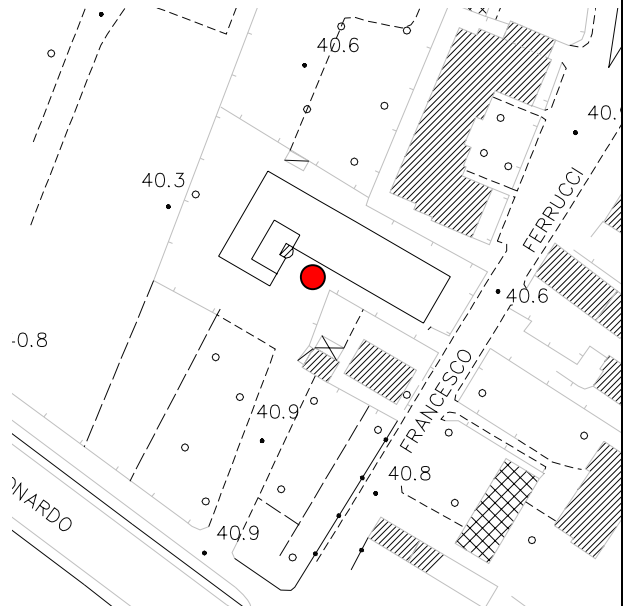
SP 1 - Scheda delle rilevazioni - Punto di misura 1

Ingresso del fabbricato artigianale Fabbri

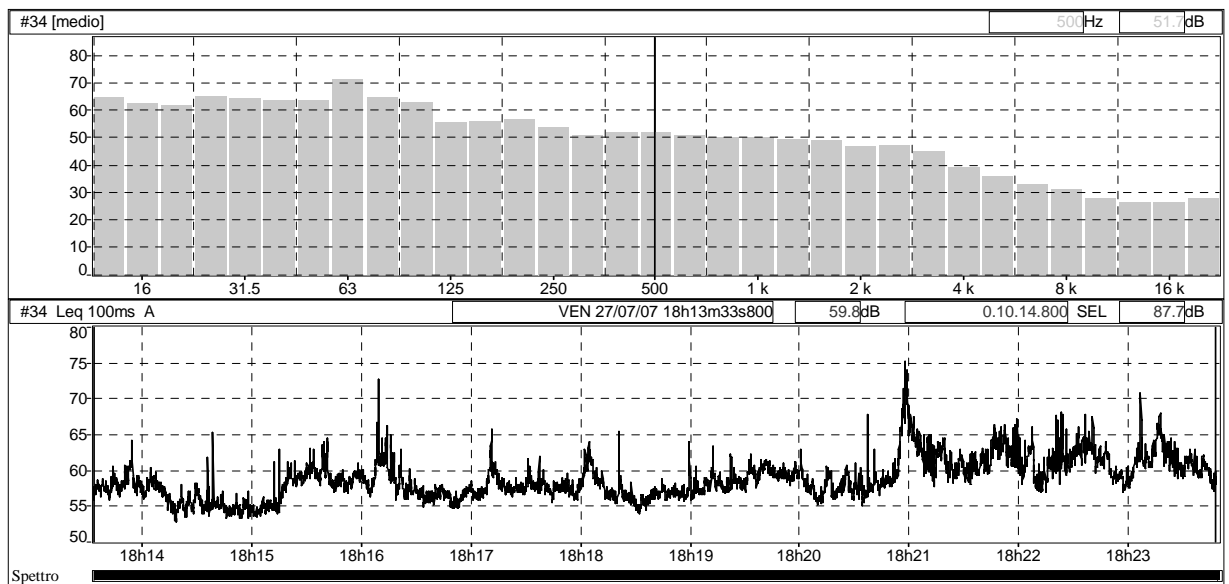
Foto del punto di misura



Individuazione del punto di misura



Storia temporale e spettrale



| | | | |
|--|------|--------------------|-----------------|
| DATA E ORA DELLA MISURA | | 27.07.2007 / 18.13 | Durata : 10'16" |
| Condizioni meteorologiche | | Sereni senza vento | |
| Livello equivalente (L _{eq}) | | 59.8 dBA | |
| Livello massimo (L _{F,max}) | | 75.2 dBA | |
| Livello minimo (L _{F,min}) | | 52.7 dBA | |
| Transito veicoli | | | |
| leggeri | medi | pesanti | |
| 23 | 301 | 5 | |

Note:

presenza di rumore proveniente dalla asfaltatura della rotonda in costruzione

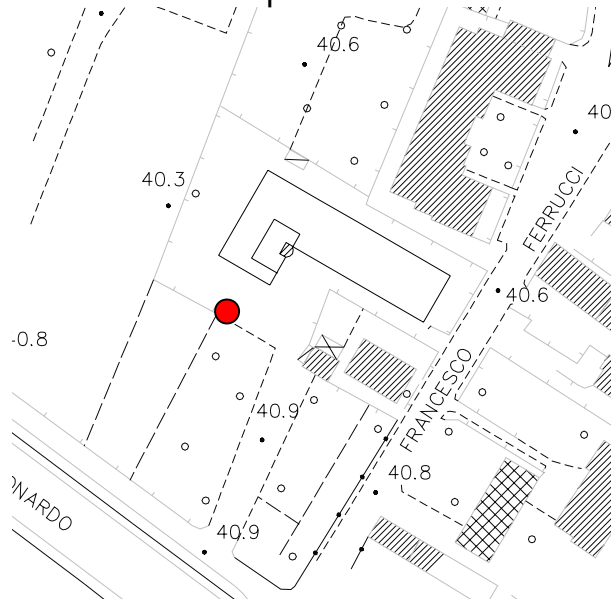
SP 1- Scheda delle rilevazioni - Punto di misura 2

Piazzale del fabbricato artigianale Fabbri

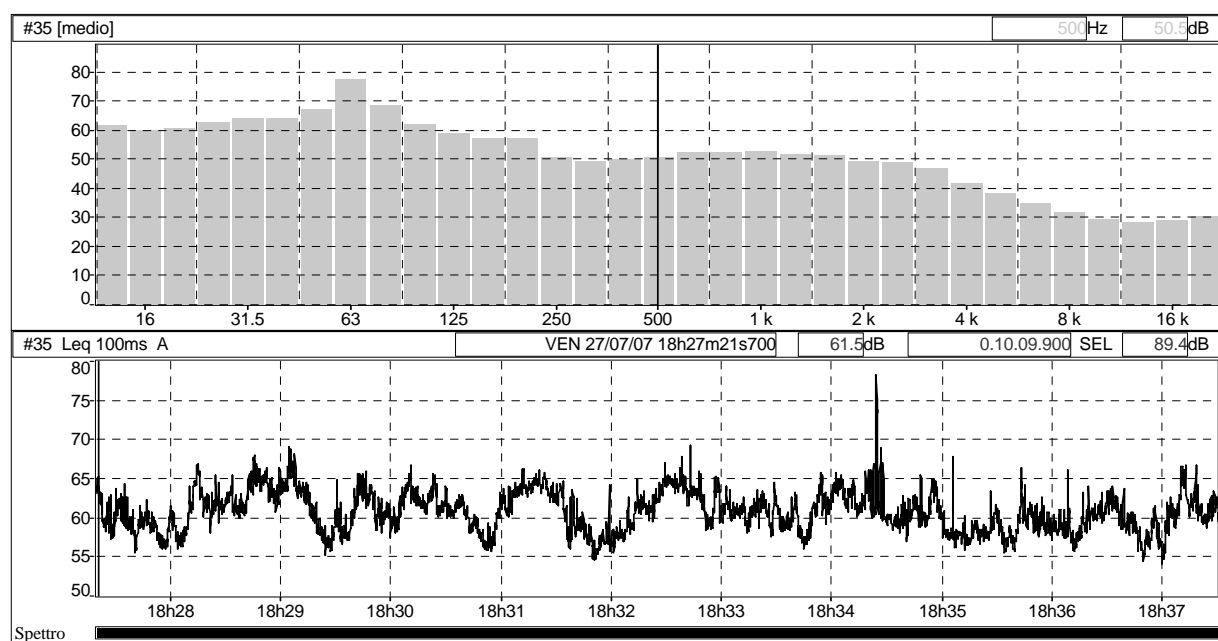
Foto del punto di misura



Individuazione del punto di misura



Storia temporale e spettrale



| | | |
|--|--------------------|-----------------|
| Data e Ora della misura | 27.07.2007 / 18.30 | Durata : 10'11" |
| Condizioni meteorologiche | Sereni senza vento | |
| Livello equivalente (L_{eq}) | 61.5 dBA | |
| Livello massimo ($L_{F,max}$) | 78.2 dBA | |
| Livello minimo ($L_{F,min}$) | 54.1 dBA | |
| Transito veicoli | | |
| leggeri | medi | pesanti |
| 25 | 329 | 3 |

Note:

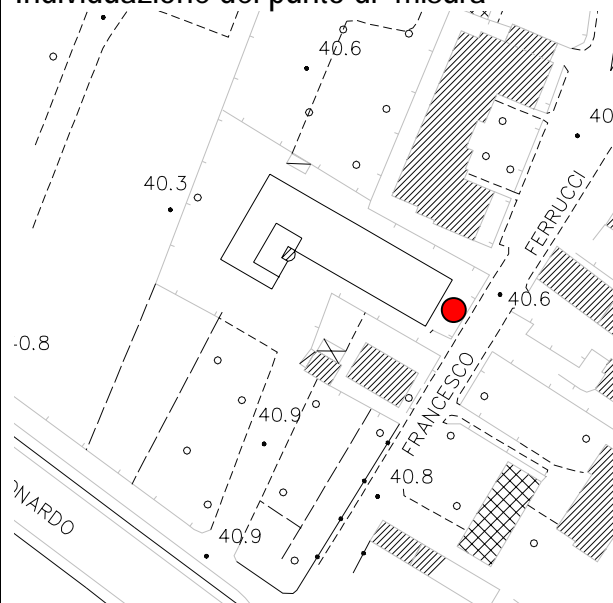
presenza di rumore proveniente dalla asfaltatura della rotonda in costruzione

SP 1- Scheda delle rilevazioni - Punto di misura 3 Via Ferrucci

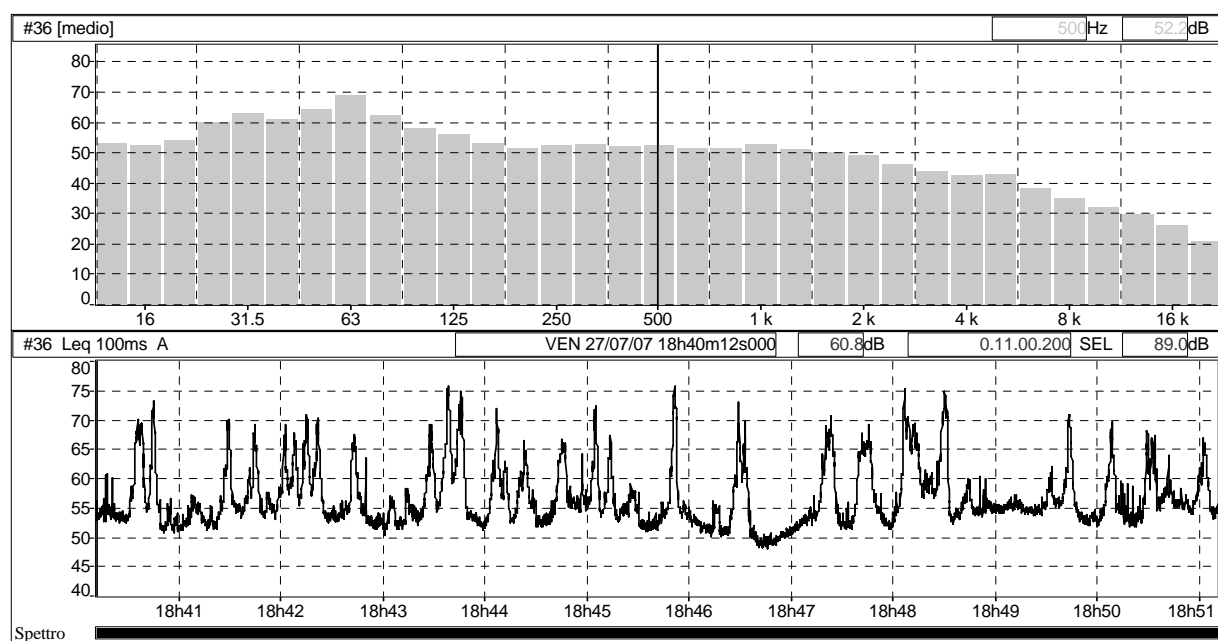
Foto del punto di misura



Individuazione del punto di misura



Storia temporale e spettrale



| | | |
|--|--------------------|-----------------|
| Data e Ora della misura | 27.07.2007 / 18.50 | Durata : 11'01" |
| Condizioni meteorologiche | Sereni senza vento | |
| Livello equivalente (L _{eq}) | 60.8 dBA | |
| Livello massimo (L _{F,max}) | 75.7 dBA | |
| Livello minimo (L _{F,min}) | 48.0 dBA | |
| Transito veicoli | | |
| leggeri | medi | pesanti |
| 4 | 35 | - |

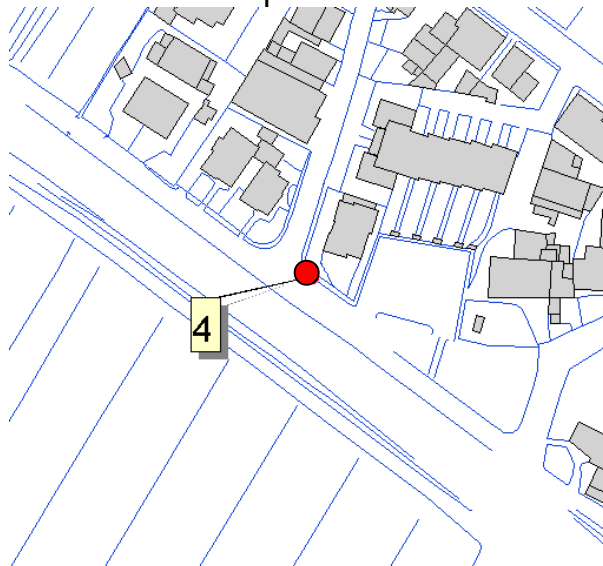
Note:

SP 1- Scheda delle rilevazioni - Punto di misura 4 Via del Panaro

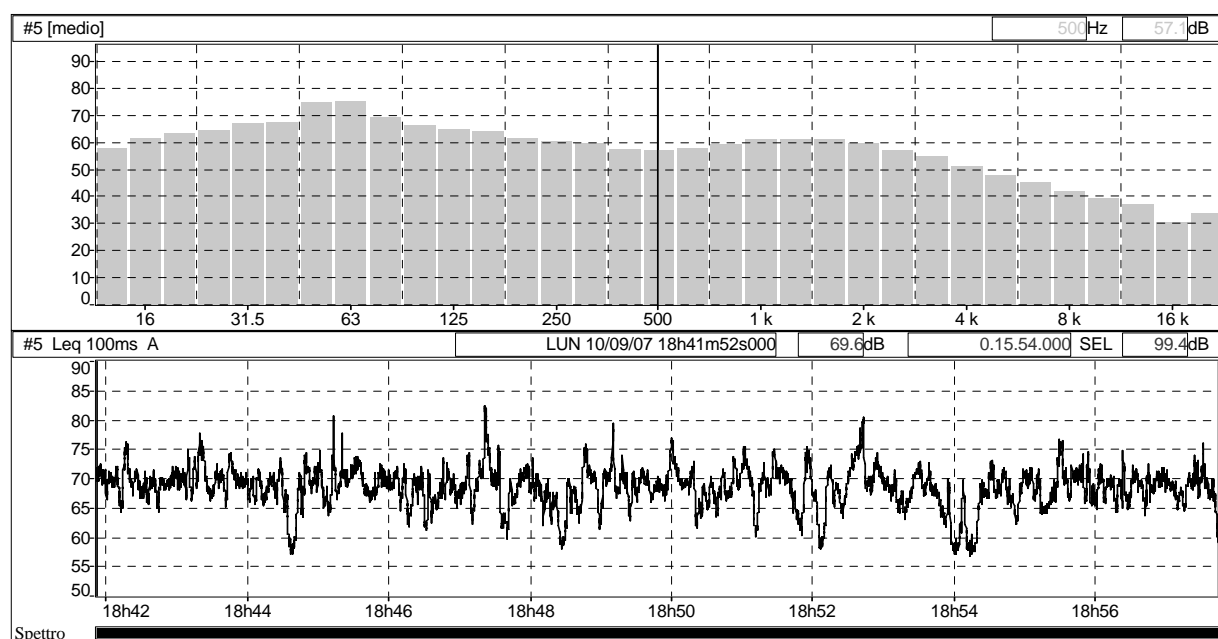
Foto del punto di misura



Individuazione del punto di misura



Storia temporale e spettrale



| | | |
|----------------------------------|--------------------|-----------------|
| Data e Ora della misura | 10.09.2007 / 18.40 | Durata : 15'54" |
| Condizioni meteorologiche | Sereni senza vento | |
| Livello equivalente (L_{eq}) | 69.6 dBA | |
| Livello massimo ($L_{F,max}$) | 82.3 dBA | |
| Livello minimo ($L_{F,min}$) | 56.6 dBA | |
| Transito veicoli | | |
| leggeri | medi | pesanti |
| 33 | 510 | 15 |

Note:

Il rumore da traffico è determinato dalla SP 1 essendo trascurabile quello su Via del Panaro

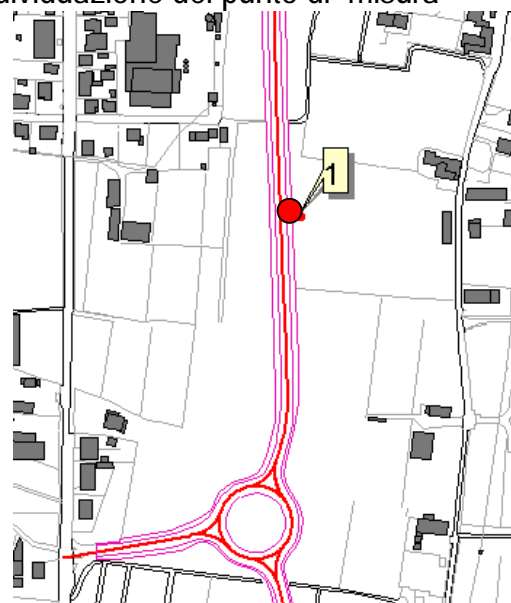
SP 9- Scheda delle rilevazioni - Punto di misura 1

Distributore di benzina

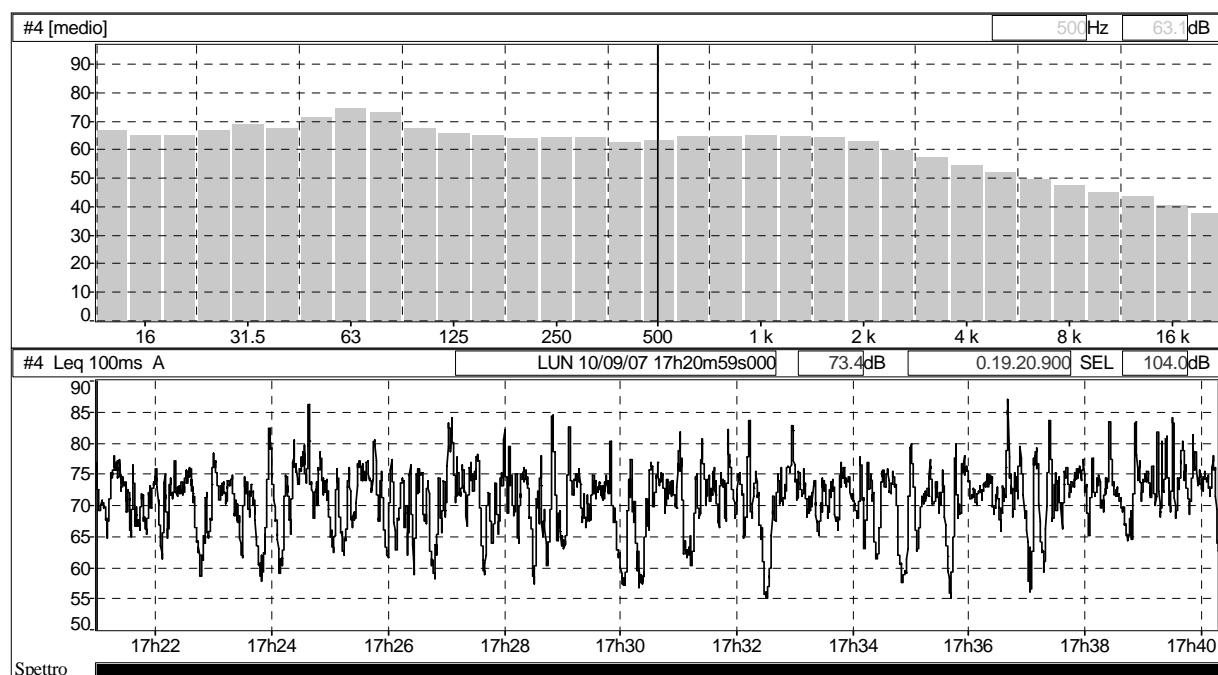
Foto del punto di misura



Individuazione del punto di misura



Storia temporale e spettrale



| | | |
|--|--------------------|-----------------|
| Data e Ora della misura | 10.09.2007 / 17.20 | Durata : 19'20" |
| Condizioni meteorologiche | Sereni senza vento | |
| Livello equivalente (L_{eq}) | 73.4 dBA | |
| Livello massimo ($L_{F,max}$) | 86.9 dBA | |
| Livello minimo ($L_{F,min}$) | 54.9 dBA | |
| Transito veicoli | | |
| leggeri | medi | pesanti |
| 22 | 501 | 27 |

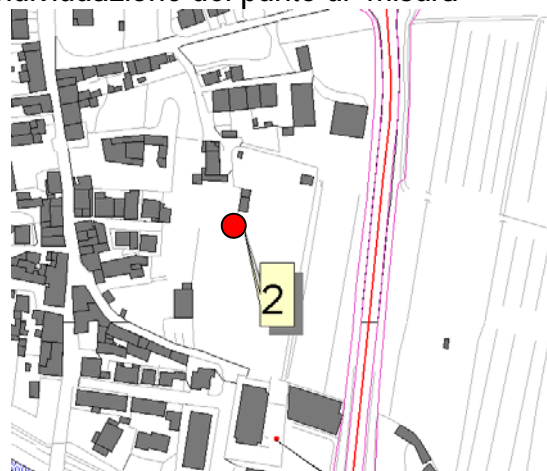
Note:

SP 9- Scheda delle rilevazioni - Punto di misura 2 Via Ombrone Vecchio nc. 36

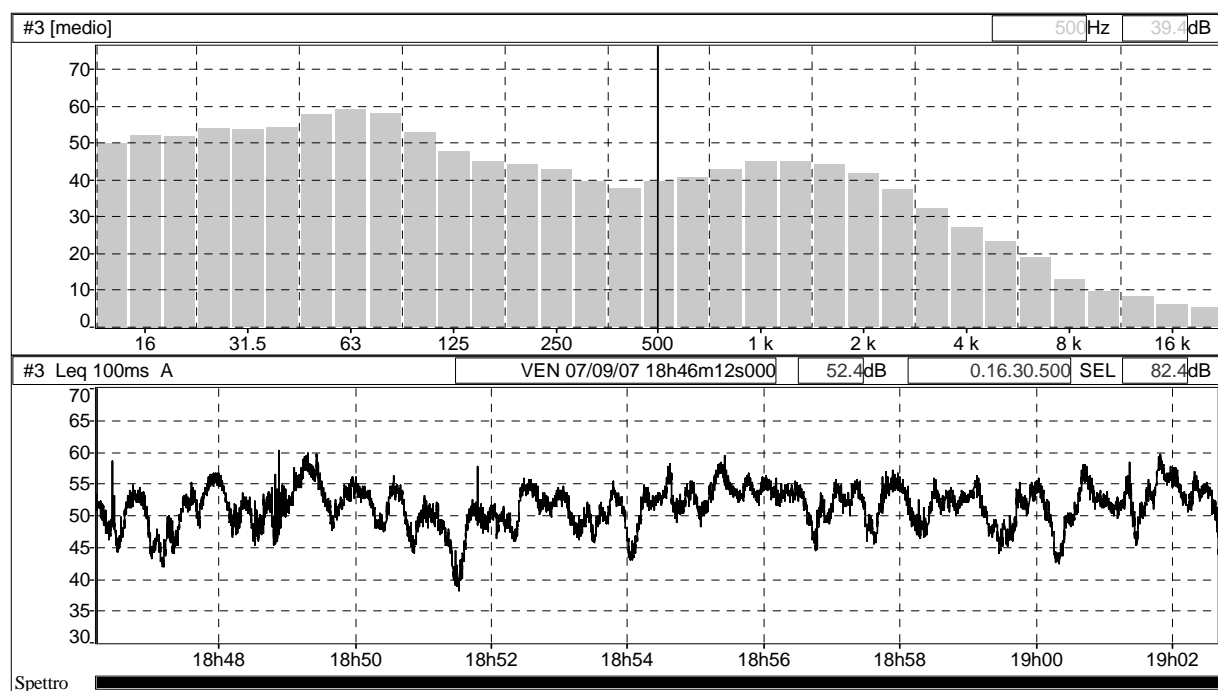
Foto del punto di misura



Individuazione del punto di misura



Storia temporale e spettrale



| | | |
|--|--------------------|-----------------|
| Data e Ora della misura | 10.09.2007 / 18.45 | Durata : 16'30" |
| Condizioni meteorologiche | Sereni senza vento | |
| Livello equivalente (L _{eq}) | 52.4 dBA | |
| Livello massimo (L _{F,max}) | 60.2 dBA | |
| Livello minimo (L _{F,min}) | 38.1 dBA | |
| Transito veicoli | | |
| leggeri | medi | pesanti |
| 23 | 399 | 11 |

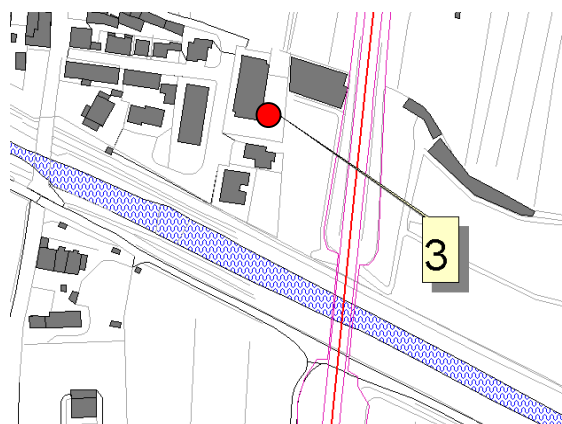
Note:

SP 9- Scheda delle rilevazioni - Punto di misura 3 Scuola materna La Coccinella - Bonelle

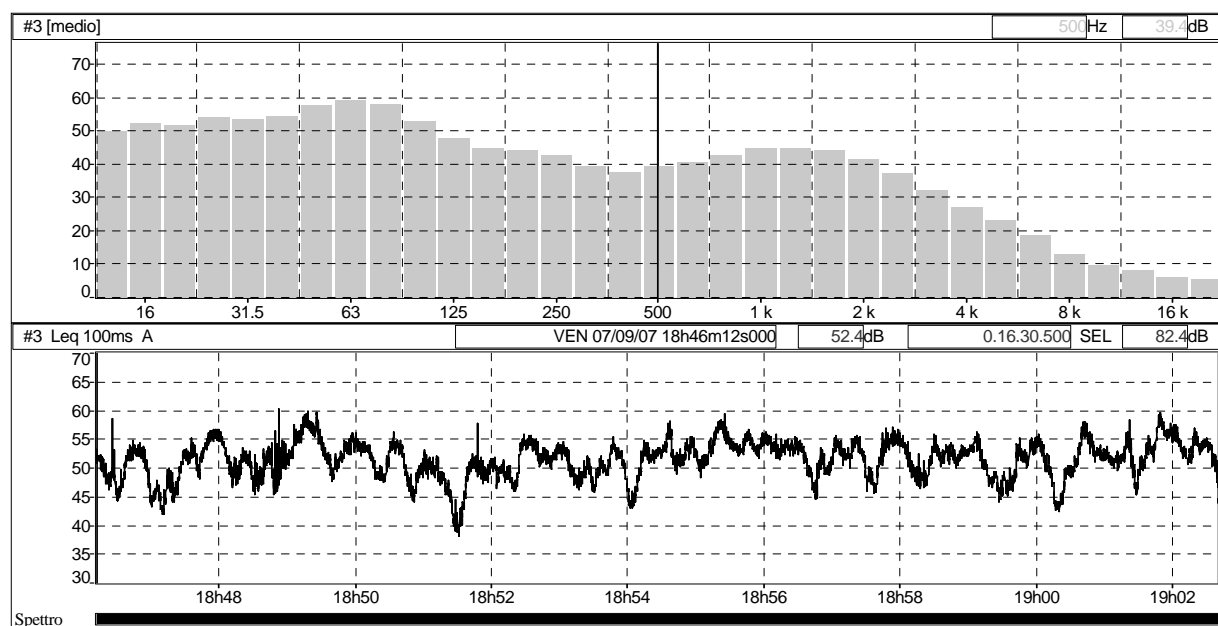
Foto del punto di misura



Individuazione del punto di misura



Storia temporale e spettrale



| | | |
|--|--------------------|-----------------|
| Data e Ora della misura | 23.06.2004 / 18.45 | Durata : 12'35" |
| Condizioni meteorologiche | Sereni senza vento | |
| Livello equivalente (L_{eq}) | 55.7 dBA | |
| Livello massimo (L _{F,max}) | 69.4 dBA | |
| Livello minimo (L _{F,min}) | 40.8 dBA | |
| Transito veicoli | | |
| leggeri | medi | pesanti |
| 5 | 148 | 24 |
| Note: misura eseguita per il piano di risanamento acustico di Pistoia | | |

SP 15- Scheda delle rilevazioni - Punto di misura 1 Via Buggianese nc. 90

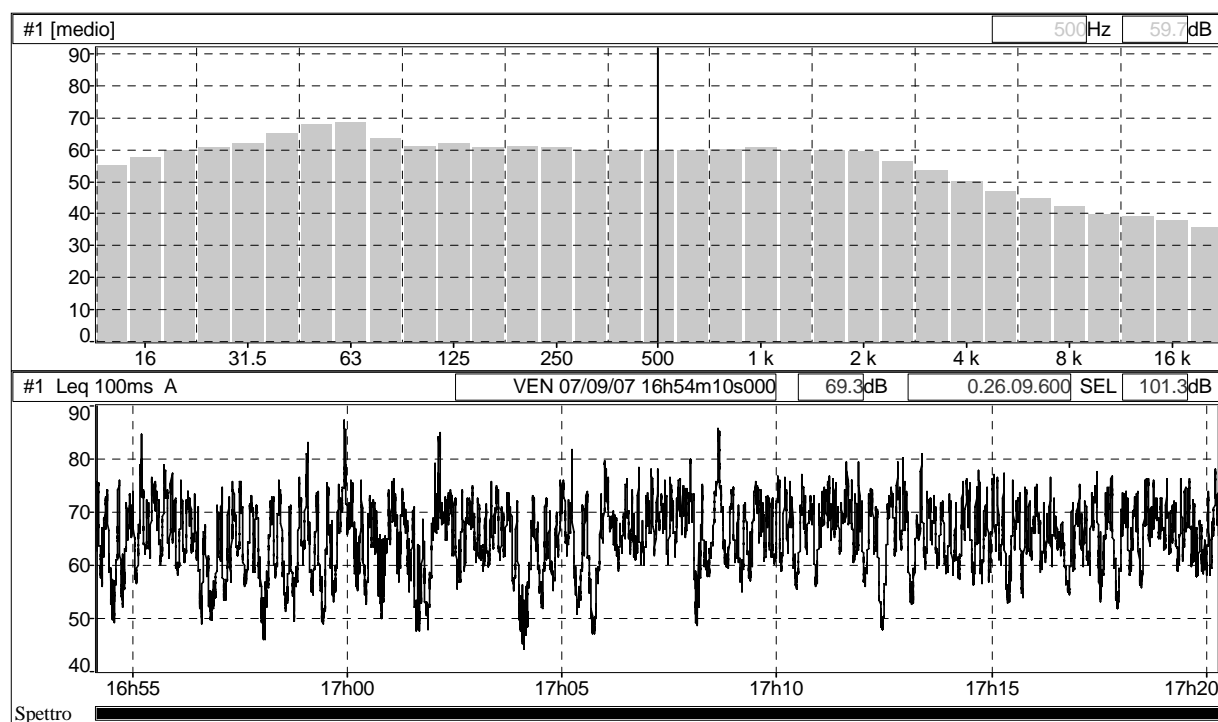
Foto del punto di misura



Individuazione del punto di misura



Storia temporale e spettrale



| | | |
|--|--------------------|-----------------|
| Data e Ora della misura | 07.09.2007 / 16.55 | Durata : 26'09" |
| Condizioni meteorologiche | Sereni senza vento | |
| Livello equivalente (L_{eq}) | 69.3 dBA | |
| Livello massimo ($L_{F,max}$) | 87.2 dBA | |
| Livello minimo ($L_{F,min}$) | 44.1 dBA | |
| Transito veicoli | | |
| leggeri | medi | pesanti |
| 16 | 378 | 8 |

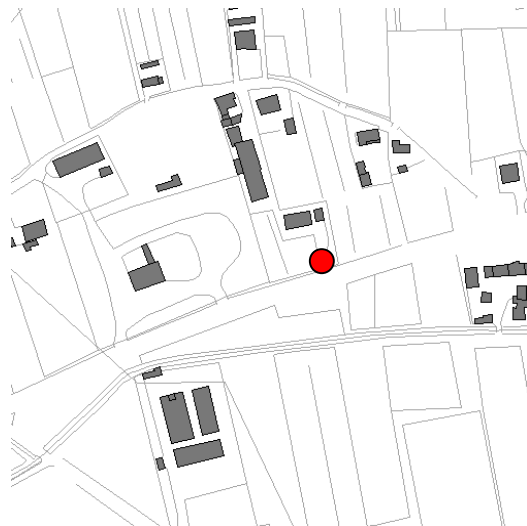
Note:

SP 26- Scheda delle rilevazioni - Punto di misura 1 Via Camporcioni nc.42

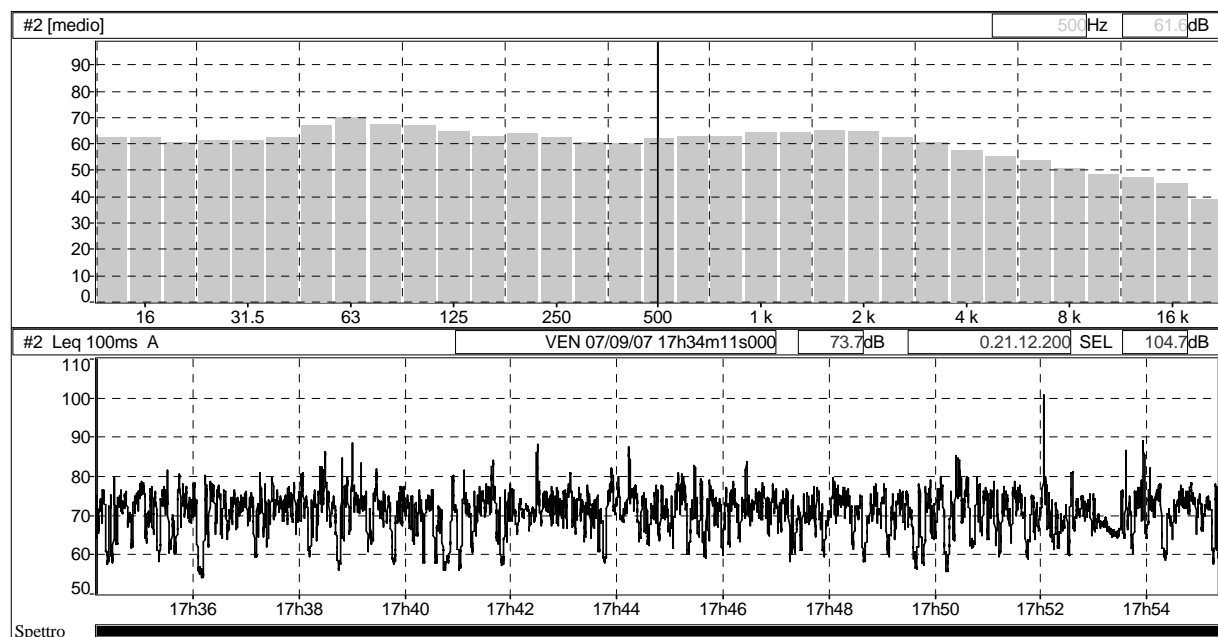
Foto del punto di misura



Individuazione del punto di misura



Storia temporale e spettrale



| | | |
|--|--------------------|-----------------|
| Data e Ora della misura | 07.09.2007 / 17.35 | Durata : 21'12" |
| Condizioni meteorologiche | Sereni senza vento | |
| Livello equivalente (L _{eq}) | 73.7 dBA | |
| Livello massimo (L _{F,max}) | 100.6 dBA | |
| Livello minimo (L _{F,min}) | 54 dBA | |
| Transito veicoli | | |
| leggeri | medi | pesanti |
| 27 | 635 | 25 |

Note: