

AUTORI

PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO OPERATIVO DELL'INDAGINE:

dott.ssa Patrizia Luciali

ELABORAZIONE DATI:

dott.ssa Patrizia Luciali

RILEVAZIONI:

p.i. Emilio Rambelli

REALIZZAZIONI CARTOGRAFICHE:

dott.ssa Pamela Ugolini

DATI URBANISTICI:

arch. Sermonesi (Comune di Russi)

geom. Elisa Talloni (Comune di Russi)

Si ringrazia per la collaborazione prestata nella realizzazione della versione informatica della relazione:

p.i. Rita Melandri

SOMMARIO

Con Convenzione prot. 2037/2001, il Comune di Russi ha affidato ad ARPA Sezione di Ravenna il progetto per la realizzazione della Mappatura acustica del territorio del Comune di Russi.

La finalità del progetto è uno *screening* delle aree urbanizzate del territorio comunale che consenta di caratterizzare, limitatamente al periodo diurno, lo stato acustico del territorio in esame e di individuare le potenziali aree di criticità, sulle quali pianificare, successivamente, eventuali ulteriori indagini di dettaglio.

L'impostazione metodologica dello studio ha previsto lo sviluppo delle seguenti attività:

1. Trasferimento sul programma ArcView-GIS della Zonizzazione acustica del territorio comunale (già effettuata dal Comune di Russi e deliberata con atto C.C.n.115 del 21/12/98);
2. Pianificazione e realizzazione di una campagna di misure fonometriche per la conoscenza dello stato di inquinamento acustico esistente;
3. Realizzazione delle mappe di rumore
4. Realizzazione delle mappe di confronto.

1 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'indagine acustica descritta è relativa all'area del territorio del *Comune di Russi* che si estende per una superficie di 45,84 km² ed è situato al centro dell'area romagnola, in posizione quasi equidistante da Ravenna, Lugo, Faenza e Forlì.

Collocato al confine tra le province di Ravenna e Forlì, è delimitato verso nord-ovest dal Lamone, che segna il confine con il Comune di Bagnacavallo e verso sud-est dal Montone, che separa invece Russi dal Comune di Ravenna.

Il territorio ricade in un'area agricola notevolmente sviluppata che ha funzione di cerniera tra l'alta pianura e l'Adriatico e comprende, oltre al capoluogo di Russi, due frazioni: S.Pancrazio e Godo.

L'altitudine media è di 10 – 13 m sul livello del mare e la morfologia è quella della bassa pianura romagnola, dolcemente degradante verso nord-est, con pendenze assai modeste.

La popolazione residente è di circa 10.500 persone (10.546 – dato al 30/04/2002): il territorio comunale risulta scarsamente antropizzato e le concentrazioni più significative sono presenti nei centri principali.

L'area in esame è attraversata dalla seguenti infrastrutture di trasporto:

- la S.S. n.302 (Faentina) attorno alla quale si concentra il nucleo urbano del capoluogo;
- - la SS n.253 (S. Vitale) che corre parallela alla frazione di Godo;
- il raccordo dell'autostrada A14 che collega Ravenna a Bologna ed è a circa 14 km dal centro abitato di Russi;
- la tratta ferroviaria Bologna – Ravenna e Faenza- Ravenna, oltre ad una stazione ferroviaria di secondaria importanza .

Gli insediamenti produttivi si ritrovano sia in zone artigianali separate dalle abitazioni, sia in zone artigianali attigue all'abitato.

Tali insediamenti sono rappresentati, per lo più, da officine o attività artigianali a basso/medio impatto ambientale e da alcuni insediamenti produttivi più consistenti quali lo Zuccherificio Eridania, la metalmeccanica Galliani, la fornace Gattelli,

Nel capoluogo, in zona periferica, è presente un centro commerciale, mentre sono diffusi sul territorio gli esercizi commerciali al dettaglio e all'ingrosso.

L'agricoltura e la zootecnia (allevamenti suinicoli, di bovini e la pollicoltura) rivestono una notevole importanza nell'ambito dell'economia locale.

Per quanto riguarda l'agricoltura, il numero di aziende agricole risulta confrontabile con il numero di insediamenti classificati come artigianali e legati al terziario: pertanto l'agricoltura, nonostante la crescita delle attività artigianali ed industriali, continua ad avere un ruolo fondamentale nell'economia locale.

Come impianti sportivi sono presenti due campi sportivi ed un palazzetto dello sport a Russi ed un campo sportivo sia a Godo che a S. Pancrazio.

Nel territorio comunale vi sono un asilo nido, quattro scuole materne, tre scuole elementari ed una scuola media.

Inoltre, a Russi, si trova una residenza protetta per anziani ed un presidio Sanitario nello stabile dell'ex Ospedale.

Nei pressi dell'abitato di Russi si trova anche l'importante sito archeologico della villa Romana, interessata da scavi già nel 1938-1939 che hanno riportato alla luce, in tempi diversi, ambienti relativi alle terme ed all'area padronale della villa rilevando un insediamento rustico finalizzato allo sfruttamento agricolo della zona nell'antichità.

2 – ZONIZZAZIONE ACUSTICA DEL TERRITORIO COMUNALE

2.1 QUADRO NORMATIVO

A livello nazionale la materia di tutela dell'ambiente dall'inquinamento acustico è disciplinata dalla Legge Quadro sull'inquinamento acustico n.447 del 26/10/1995 che stabilisce che i comuni provvedano alla suddivisione dei territori secondo la classificazione stabilita dal D.P.C.M. 14.11.1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

La tabella A del decreto definisce 6 zone omogenee in relazione alla loro destinazione d'uso; per ciascuna di queste sono individuati i valori limite di emissione, i valori limite di immissione, i valori di attenzione ed i valori di qualità, distinti per i periodi diurno (ore 6,00-22,00) e notturno (ore 22,00-6,00).

Secondo quanto stabilito dalla Legge Quadro 447/95 la determinazione dei criteri di riferimento per la zonizzazione è di competenza regionale (artt. 4 e 6).

La Regione Emilia-Romagna aveva emanato la Circolare Regionale 7/93 che, a seguito del D.P.C.M. 1/3/91, era stata diffusa allo scopo di fornire ai comuni criteri metodologici utili ad uniformare le procedure da adottare per la zonizzazione acustica. La validità di tale documento per la redazione delle zonizzazioni acustiche è stata ribadita dalla stessa Regione Emilia-Romagna con nota del 02/11/1998 prot.n. AMB/AMB/98/23740.

Sul Bollettino Ufficiale della Regione Emilia Romagna del 11.05.2001 è stata pubblicata la L.R. n.15 del 09.05.2001 "Disposizioni in materia di inquinamento acustico" e successivamente (BUR n. 155 del 31.10.2001) la Delibera di Giunta Regionale 09.10.2001 n. 2053 "Criteri e condizioni per la classificazione acustica del

territorio ai sensi del comma 3 dell'art.2 della L.R. 9 maggio 2001, n.15 recante 'Disposizioni in materia di inquinamento acustico'.

Secondo questo quadro normativo regionale la zonizzazione acustica effettuata facendo riferimento alla circolare 7/93 ed approvata dal Comune di Russi nel 1998, deve essere adeguata ai nuovi criteri di classificazione acustica previsti dalla D.G.R. 2053/2001, secondo le procedure indicate dalla L.R. 15/2001.

Di seguito viene riportata la classificazione delle aree secondo il D.P.C.M. 14/11/97:

CLASSE I: Aree particolarmente protette

Limite diurno 50 dB/ Limite notturno 40 dB

Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, aree scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali rurali e di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.

CLASSE II: Aree Prevalentemente residenziali

Limite diurno 55 dB /Limite notturno 45 dB

Si tratta di aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione e limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali.

CLASSE III: Aree di tipo misto

Limite diurno 60 dB /Limite notturno 50 dB

Aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali e di uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali, aree rurali con impiego di macchine operatrici.

CLASSE IV: Aree di intensa attività umana

Limite diurno 65 dB/ Limite notturno 55 dB

Aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, elevata presenza di attività commerciali ed uffici, presenza di attività artigianali, aree in prossimità di strade di grande comunicazione, di linee ferroviarie, di aeroporti e porti, aree con limitata presenza di piccole industrie.

CLASSE V: Aree prevalentemente industriali

Limite diurno 70 dB /Limite notturno 60 dB

Aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.

CLASSE VI: Aree esclusivamente industriali

Limite diurno 70 dB /Limite notturno 70 dB

Aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

2.2 - LA ZONIZZAZIONE ACUSTICA

La metodologia indicata nella Circolare Regionale n.7/93 (e che nelle sue linee essenziali viene ripresa dalla D.G.R. 2053/2001) utilizza un'analisi territoriale sviluppata su base cartografica, nella quale viene stabilita come unità territoriale elementare l'**isolato** (porzione di territorio compresa fra l'intersezione di tre o più strade).

L'individuazione delle zone appartenenti alle classi I, V e VI avviene direttamente attraverso l'analisi cartografica ed in particolare consiste nell'identificazione di scuole, ospedali, cliniche, parchi e giardini pubblici (classe I) e di attività industriali e/o artigianali (classi V e VI). Le aree industriali e/o artigianali con limitata presenza di abitazioni appartengono alla classe V, mentre alle aree monofunzionali a carattere esclusivamente industriale con presenza del solo personale di custodia viene attribuita la classe VI. Per le scuole e le strutture sanitarie presenti nell'ambito di edifici prevalentemente residenziali, si mantiene la classificazione di zona di appartenenza di questi ultimi.

Per l'individuazione delle classi II, III e IV occorre riferirsi a tre parametri di valutazione:

- densità di popolazione;
- densità di esercizi commerciali;
- densità di attività artigianali.

Per ciascun isolato, i valori dedotti per ognuno dei tre parametri vengono tradotti in un punteggio complessivo finale che permette la classificazione della zona in II, III o IV classe. Eseguita la classificazione di ciascun isolato che compone l'insediamento urbano di interesse, ai fini di eliminare o ridurre l'eventuale presenza di zone a "macchia di leopardo", si procede per aggregazione di isolati adiacenti, eventualmente anche ridefinendo l'unità elementare.

La suddivisione del territorio in classi viene successivamente incrociata con la rete stradale riclassificando le aree prospicienti queste infrastrutture.

La Circolare prevede che venga condotta una gerarchizzazione delle rete stradale sulla base delle caratteristiche geometriche delle strade (Norme Tecniche del CNR) e fissa i criteri per l'individuazione e la classificazione delle aree prospicienti (è da rilevare che le zone di classe I mantengono l'appartenenza a questa classe anche se inserite all'interno delle fasce stradali).

Definisce, inoltre, alcuni criteri generali a cui fare riferimento:

- limitare le microsuddivisioni di zone evitando una classificazione frammentaria del territorio;
- accettare la possibilità che, nelle configurazioni urbanistiche esistenti, confinino aree con limiti che si discostano in misura superiore di 5 dB(A), proponendo in questo caso interventi di risanamento.

Per le infrastrutture ferroviarie, l'emanazione del D.P.R. 18/11/98 n.459 ha stabilito delle fasce di pertinenza di 250 metri per lato caratterizzate da specifici limiti di rumore validi per l'infrastruttura stessa.

La zonizzazione acustica del Comune di Russi è stata trasferita su base cartografica utilizzando la tecnologia GIS (Arc View) (Tavole 1a, 1b, 1c rispettivamente per Russi, Godo e S.Pancrazio).

3 – MAPPATURA ACUSTICA DEL TERRITORIO COMUNALE

3.1 – SCELTA DELLA METODOLOGIA DI VALUTAZIONE

Le metodiche utilizzate per ottenere una descrizione acustica del territorio sono fondamentalmente di tre tipologie: random, orientata ai recettori e orientata alla sorgente.

Il campionamento random può essere approssimato dall'insieme di punti di misura che si ottengono sovrapponendo alla cartografia del territorio una griglia a passo regolare ed effettuando le misure nei siti corrispondenti ai nodi della griglia. Poiché si può supporre che la griglia non abbia una relazione sistematica con le sorgenti acustiche (traffico, industrie,..) tale campionamento può risultare un'approssimazione del campionamento casuale. Errori nel campionamento random possono sorgere, tuttavia, dalla necessità di spostare il punto di misura rispetto al nodo della griglia quando questo cade in un posto inaccessibile o nel mezzo di una strada.

Generalmente tale procedura non consente la stesura di una mappa di rumore esauriente poiché il passo della griglia è spesso superiore ai 100 metri e quindi non in grado di descrivere l'accentuata variabilità spaziale dei livelli sonori riscontrabile nelle aree urbane. Inoltre tale campionamento rileva livelli di rumore slegati dalle sorgenti e quindi perde ogni riferimento topografico.

Per quanto riguarda il campionamento ricevitore-orientato esso rivolge la sua attenzione alla valutazione dell'esposizione sonora di particolari categorie di recettori e quindi non può essere utilizzato come approccio per la caratterizzazione del territorio secondo la normativa italiana. Infatti il DPCM 1.3.91 individua le posizioni sulle quali effettuare le misure in esterno, collegate alla verifica del rispetto dei limiti di zona. Tali posizioni sono state recentemente riprese dal DM 16/3/98 e stabiliscono,

in generale, che le misurazioni in esterno debbano essere fatte ad un metro dalle aree di pertinenza esterna degli edifici.

Il campionamento sorgente-orientato, a cui si è fatto sostanzialmente riferimento in questa indagine, risulta particolarmente utile quando si persegue l'obiettivo di una descrizione dei livelli di rumore in ambito urbano che:

- risponda sostanzialmente ai requisiti della normativa italiana in termini di posizione di misura;
- mantenga il riferimento topografico;
- sia in grado di discriminare le sorgenti di rumore e di identificare le aree critiche.

I livelli di rumore ottenuti, che caratterizzano di fatto le sorgenti cui sono riferiti, vengono poi estesi, secondo un'opportuna convenzione, alle aree limitrofe alle sorgenti stesse, ai fini della mappatura del territorio in classi di rumorosità.

In questo modo è possibile ottenere una rappresentazione della distribuzione spaziale dei livelli di rumore mantenendo, a differenza del campionamento random, l'esatto riferimento topografico.

Durante le misure sono stati esclusi i livelli di rumore prodotti da sorgenti transienti che potevano casualmente intervenire confondendo i risultati dell'indagine ambientale, mentre, nel caso di compresenza di più sorgenti rumorose specifiche si è effettuata una valutazione separata dei singoli contributi.

Pertanto la misurazione del rumore è stata effettuata separatamente per le tipologie di sorgenti più significative presenti nell'area territoriale in esame:

- traffico veicolare;
- traffico ferroviario;
- altre sorgenti fisse significative (es. insediamenti industriali / attività artigianali).

Per la descrizione della rumorosità prodotta dal traffico veicolare è stata utilizzata la procedura illustrata al punto 3.2 che, come anticipato, fa riferimento ad un campionamento sorgente-orientato, mentre per la valutazione del rumore prodotto da traffico ferroviario e da sorgenti fisse significative sono state seguite le metodiche riportate ai punti 3.3 e 3.4.

La strumentazione utilizzata per le misure (fonometro B&K Type 2260 "Investigator" e microfono B&K Type 4189) è conforme alle prescrizioni della normativa vigente.

Nel caso di differenti distanze delle potenziali posizioni di misura dalla sorgente, sono state privilegiate le postazioni più prossime alla sorgente stessa, al fine di avere una valutazione cautelativa.

Le misure sono state effettuate ad 1 metro dalla facciata degli edifici quando questi si trovavano a filo della sede stradale, oppure ad 1 metro dalla perimetrazione esterna degli stessi (cfr. D.M. 16.03.98).

Per quanto riguarda l'altezza del microfono, per verificare l'errore associato alle misure con microfono ad 1.5 m di altezza da terra piuttosto che a 4 metri (in conformità a quanto indicato nel D.M. per la misura del rumore stradale e ferroviario) si sono effettuate misure contestuali alle due altezze.

Sono state calcolate le differenze di livello misurato: la distribuzione delle differenze è presentata nella figura seguente ed è caratterizzata da una deviazione standard pari a 0.7 ed un valor medio di 0.7 dBA. Pertanto, effettuare la misura a 1.5 metri di altezza (situazione operativamente più agevole) introduce un errore che ricade nell'incertezza di misura associata alla procedura adottata.

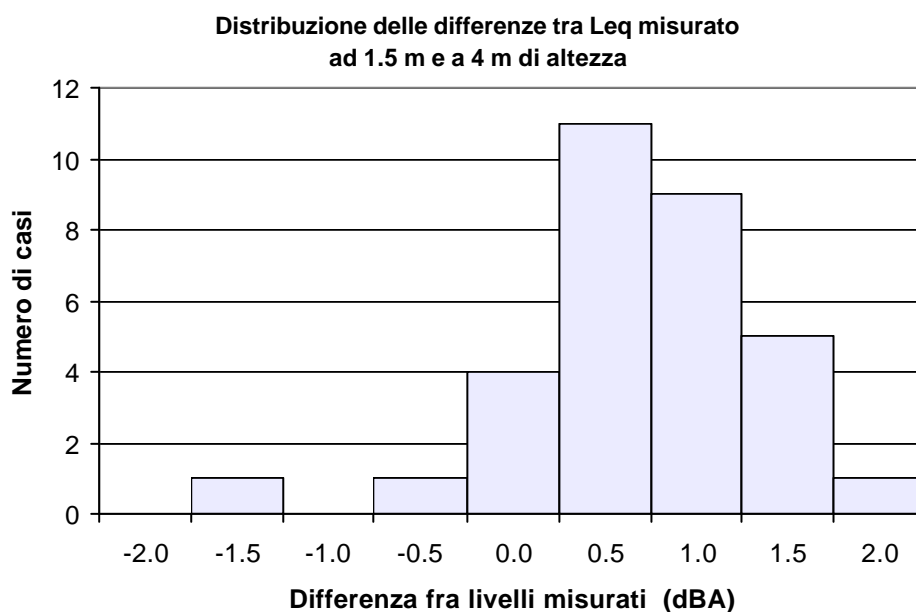


Fig. 1 - Distribuzione delle differenze fra Leq misurato a 1.5 m di altezza da terra e a 4 m

Principali parametri della distribuzione:

N° casi	Media	Minimo	Massimo	Deviazione Standard
32	0.7	-1.5	2.0	0.7

3.2 – SCHEMA DEL CAMPIONAMENTO DI INDAGINE PER IL RILEVAMENTO DEL RUMORE DA TRAFFICO

Lo scopo del lavoro di mappatura acustica è quello di conoscere i livelli di rumore presenti sul territorio che, confrontati con i valori limite associati alle zone acustiche, portano ad una prima individuazione di zone critiche sulle quali pianificare eventuali indagini di dettaglio e prevedere l'eventuale realizzazione di opportuni piani di risanamento.

Quando la sorgente principale è il traffico stradale le situazioni acusticamente più critiche si riscontrano prevalentemente vicino a strade con traffico intenso.

Per caratterizzare il campo sonoro urbano determinato dal traffico veicolare, si è proceduto ad una diminuzione della complessità spaziale attraverso una stratificazione delle strade, effettuata in collaborazione con gli uffici tecnici comunali, in funzione della gerarchia dei volumi di traffico.

La rete viaria è stata suddivisa in quattro classi in funzione dei flussi di traffico, facendo riferimento ai volumi di traffico qualitativamente stimati nella fascia oraria 9 - 12 dei giorni feriali.

Nella valutazione dei flussi di traffico si è tenuto conto del “numero di veicoli equivalente” ottenuto considerando che 1 veicolo pesante sia equivalente a 8 veicoli leggeri [1].

Raggruppamento della viabilità	
Gruppo	Numero di veicoli equivalenti/ora (*)
1	< 30
2	30 - 80
3	80 - 250
4	> 250

(*) 1 veicolo pesante equivale a 8 veicoli leggeri

Tab.1 – Classificazione delle strade in funzione del numero veicoli equivalente / ora

Le strade identificate, se necessario, sono state a loro volta suddivise in archi caratterizzati da flussi di traffico omogenei. Il risultato è riportato nella cartografia allegata (Tavole 2a, 2b e 2c).

Il disegno della viabilità principale (evidenziata in rosso nelle tavole) ha suddiviso il territorio considerato in “sub-zone” delimitate dalla viabilità principale e caratterizzate da un certo numero di vie con traffico locale.

Le strade appartenenti ad ogni “sub-zona” sono state, a loro volta, suddivise per flusso di traffico, tipologia, struttura degli edifici all’intorno, ecc..

Si è quindi proceduto partendo dalla misurazione del rumore su ogni arco stradale della viabilità principale (strade con maggiore flusso veicolare) mentre per ottenere una descrizione dei livelli di rumore presenti in queste “sub-zone”, che costituiscono la maggior parte del territorio, è stata individuata, per ogni sub-zona e per ogni gruppo di strade omogenee, almeno una “strada-campione” sulla quale sono state effettuate le misurazioni. La scelta della strada-campione all’interno di ogni gruppo è

stata cautelativa (si è considerata quella caratterizzata dal flusso di traffico maggiore).

Ai fini della mappatura, i livelli di rumore rilevati nelle strade-campione sono stati considerati validi per tutte le strade appartenenti allo stesso gruppo.

All'interno del tempo di riferimento diurno la fascia oraria in cui sono state eseguite le misure è quella compresa fra le ore 9 e le ore 12 [2].

Per determinare il tempo totale di rilevazione (T_m) su un singolo punto, si è fatto riferimento alla relazione che consente di predeterminare l'incertezza (L_{Aeq}) sul valore di L_{Aeq} misurato [3]: facendo riferimento ad alcune situazioni medie sono stati ottenuti i valori di T_m per un'impresione sul L_{Aeq} pari a 2 dB in funzione del diverso flusso veicolare.

In relazione a diversi intervalli di flusso veicolare i tempi di misura sono risultati:

Flusso veicolare (n. veicoli transitanti/ora)	Tempo di misura (minuti)
< 30	30
30 - 80	20
80 - 250	10

3.2.1 – ELENCO DEI PUNTI DI MISURA

Per la caratterizzazione del rumore indotto dal traffico si è eseguito un monitoraggio ambientale in 29 punti di misura. Nell'Allegato 1 è riportato l'elenco dei punti di misura individuati lungo le strade unitamente al livello equivalente medio [L_{eq} in dBA] risultato al termine delle operazioni di misura.

Nell'Allegato 2 sono indicate: la classificazione delle strade ritenute simili per quanto riguarda l'impatto acustico ed il livello misurato nella strada "campione", valore che viene assunto da tutte le strade con la medesima classificazione.

3.2.2 – CORRELAZIONI FRA RUMORE E INTENSITA' DEL TRAFFICO

Contestualmente alle misure di rumore sono state effettuate misure di traffico veicolare, suddividendo i veicoli in classi: autovetture, motocicli, camion (Allegato 3). Per verificare l'ipotesi di proporzionalità fra traffico e rumore, entro gli errori sperimentali, si è eseguita un'analisi di regressione sui i dati, verificando la correlazione fra Livello equivalente e logaritmo decimale del flusso orario di veicoli equivalenti (1 veicolo pesante pari a 8 veicoli leggeri).

Nella figura che segue è riportato il risultato dell'analisi che mostra un'ottima correlazione lineare (coefficiente di correlazione pari a 0.97).

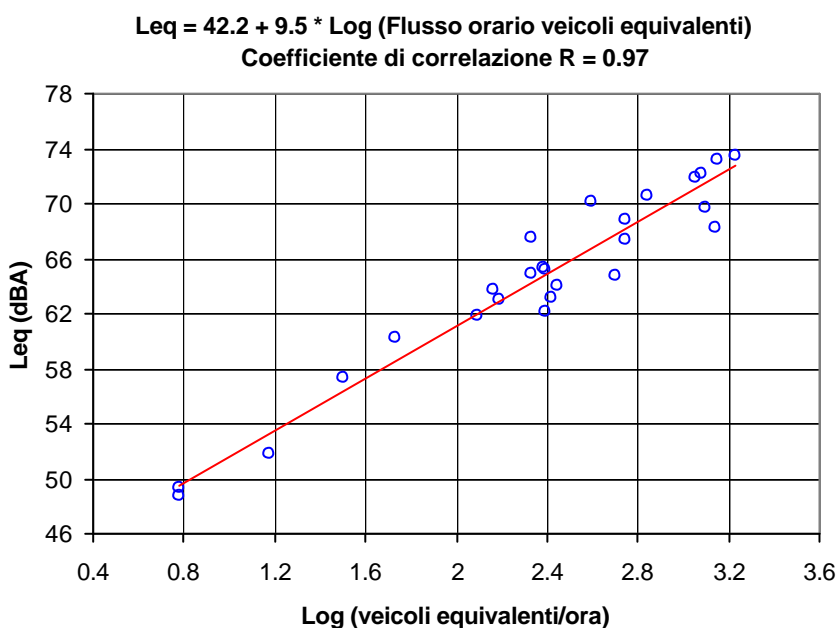


Fig. 2 - Correlazione lineare fra Leq in dBA e logaritmo decimale dell'intensità oraria del traffico espressa in veicoli equivalenti

E' quindi possibile, nel contesto oggetto di indagine, ricavare il Livello equivalente (in dBA) in prossimità di una strada, in ogni situazione in cui si conosca il flusso orario di veicoli equivalenti (brevemente V_{eq}), a partire dalla relazione:

$$Leq = 42.2 + 9.5 \cdot \text{Log} (V_{eq}) \quad [\text{dBA}]$$

L'errore che si commette nel determinare il livello equivalente utilizzando la relazione precedente è ricavabile costruendo la distribuzione delle differenze fra il livello misurato e quello calcolato.

Tale distribuzione è presentata nella figura seguente ed è caratterizzata da una deviazione standard pari a circa +/- 2 dBA, errore che può essere assunto come incertezza della stima sul livello equivalente calcolato.

Tale incertezza risulta inoltre in linea con l'incertezza impostata a priori per la determinazione del tempo di misura.

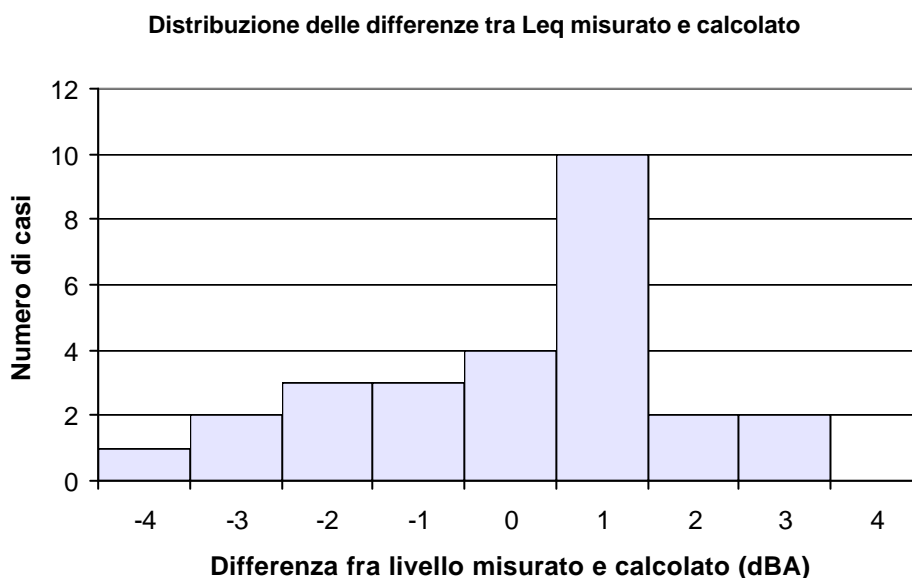


Fig. 3 - Distribuzione delle differenze fra Leq misurato e Leq calcolato dall'equazione della retta di regressione

Principali parametri della distribuzione:

N° casi	Media	Minimo	Massimo	Deviazione Standard
27	0.0	3.7	3.4	1.7

3.3 – VALUTAZIONE DEL RUMORE FERROVIARIO

E' stata condotta una valutazione specifica per quantificare il contributo del rumore ferroviario per le zone di territorio interessate da tale sorgente di rumore.

Sono stati a questo scopo individuati due punti di misura a Russi ed uno a Godo.

In tali postazioni si è misurato il SEL (Single Event Level) prodotto dal passaggio del singolo treno.

Il SEL è una grandezza che permette il confronto, in termini di valori energetici espressi in dBA, di eventi che possono avere anche durate diverse.

E' definito come:

$$SEL = 10 \log \left(\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p(t)^2}{p_0^2} dt \right)$$

Dove: $p(t)$ è la pressione sonora istantanea in Pa, $p_0 = 20 \cdot 10^{-6}$ Pa e $t_0 = 1$ secondo.

In generale, dati i k SEL_j caratteristici di eventi diversi di numerosità n_j nel tempo totale T , il Livello equivalente può essere ricavato dalla:

$$Leq = 10 \log \left(\frac{1}{T} \left(\sum_{j=1}^k n_j 10^{SEL_j/10} \right) \right)$$

Se con SEL_j indichiamo i SEL caratteristici, in una data postazione di misura, di una data tipologia di treni ed indichiamo con n_j il numero di treni della stessa tipologia che transitano durante il periodo diurno, dalla relazione precedente si ottiene il valore del livello equivalente prodotto dal traffico ferroviario. I livelli diurni così ottenuti possono poi essere confrontati con i limiti individuati specificatamente per l'infrastruttura ferroviaria dal D.P.R. n.459/98.

Nelle tabelle che seguono vengono riportati, per le singole posizioni di misura, i SEL medi caratteristici delle diverse tipologie di treno:

RUSSI – Strada Privata	
Tipo di treno	SEL (dBA)
Passeggeri Ordinario	92,5
Passeggeri Leggero	90,4
Merci	97,0

Tabella 1 - SEL relativi al passaggio delle diverse tipologie di treno in Russi – Strada privata.

RUSSI – Via Canale	
Tipo di treno	SEL (dBA)
Passeggeri Ordinario	93,0
Passeggeri Leggero	90,8
Merci	97,4

Tabella 2 - SEL relativi al passaggio delle diverse tipologie di treno in Russi – via Canale

GODO – Via Casadio	
Tipo di treno	SEL (dBA)
Passeggeri Ordinario	94,1
Passeggeri Leggero	92,0
Merci	98,6

Tabella 3 - SEL relativi al passaggio delle diverse tipologie di treno in Godo – via Casadio

Utilizzando le frequenze giornaliere di passaggio dei diversi tipi di treni, fornite dalle Ferrovie dello Stato, ed applicando la relazione precedente si ottengono i seguenti risultati:

RUSSI – Strada Privata:	Leq diurno = 61,6 dBA
RUSSI – Via Canale:	Leq diurno = 63,2 dBA
GODO – Via Casadio:	Leq diurno = 58,0 dBA

3.4 – SCHEMA DEL CAMPIONAMENTO PER IL RUMORE PRODOTTO DA SORGENTI FISSE

Come ultima fase della mappatura acustica, sono state individuate le sorgenti ritenute significative e diverse dalle strade o dalla linea ferroviaria. Per ciascuna sorgente così individuata è stata effettuata una valutazione della rumorosità nell'intorno della stessa al fine di caratterizzare il campo sonoro prodotto.

In questo caso il tempo di misura si è protratto per un tempo significativo a caratterizzare in modo compiuto la rumorosità prodotta dalla sorgente di volta in volta in esame.

Nell'Allegato 4 sono riportate le ubicazioni delle postazioni ed i risultati delle misure.

3.5 – DALLA DESCRIZIONE PER PUNTI ALLA MAPPA DI RUMORE

L'insieme dei dati raccolti nel corso della campagna di rilievo e la loro successiva elaborazione hanno permesso di costruire la mappa del rumore, che fornisce una rappresentazione di sintesi della distribuzione del rumore sul territorio riferita al periodo diurno.

Il tematismo, costruito utilizzando la tecnologia GIS con software ArcView, non copre il territorio comunale nella sua totalità, ma si limita a descrivere la situazione di rumore delle aree con presenza di recettori (zone urbanizzate con presenza di abitazioni).

La mappa del rumore è stata restituita su carta in scala opportuna - Tavole 3 (a,b,c), così come la localizzazione dei punti di rilievo fonometrico utilizzati per la costruzione delle mappe - Tavole 4 (a,b,c).

Il passaggio dalla descrizione per punti alla individuazione di aree caratterizzate dal medesimo livello di rumore ha richiesto la valutazione di alcune caratteristiche tecniche relative alla propagazione del rumore e necessita di alcune esplicitazioni in merito alle convenzioni grafiche utilizzate.

Il primo passo per l'estensione areale di un valore puntuale riguarda la dimensione dell'arco stradale che presenta le medesime caratteristiche urbanistiche e di traffico: il valore misurato in un punto ritenuto rappresentativo si presta a caratterizzare un intero arco stradale. Alcuni archi stradali, come già accennato, sono stati poi

considerati rappresentativi di situazioni analoghe per tipologia urbanistica, flusso di traffico orario e prossimità alle strade di maggiore viabilità, in modo tale che anche il rumore indotto da queste ultime potesse essere considerato uniforme.

Per ogni arco stradale caratterizzato da uno specifico livello di rumore si è quindi stabilito di considerare la dimensione media della prima fila di edifici prospicienti la strada come 'buffer' areale col medesimo livello di rumore. Tale scelta è, in realtà, cautelativa in quanto, più verosimilmente, è il rumore in facciata agli stessi edifici ad assumere tale livello sonoro; la stessa fila di edifici prospicienti la specifica strada costituisce, inoltre, una barriera acustica in grado, a seconda dei casi, di attenuare il livello acustico di un fattore compreso fra 5 e 15 dBA in funzione della densità degli edifici, dell'altezza dei medesimi e dell'esistenza di un cammino diretto di propagazione del rumore.

A questo primo tematismo è stato sovrapposto quello relativo alla ferrovia ed infine quello delle sorgenti puntuali.

In tutte le aree di intersezione, la classe è stata definita calcolando la somma energetica dei diversi contributi (strada, ferrovia, sorgenti puntuali) in termini di L_{Aeq} riferito al periodo diurno.

Per le aree in zone periferiche aperte o in spazi ove il tessuto urbano abitativo è rado, in prossimità di strade o ferrovie, la classe di rumorosità attribuita si estende per una fascia di 30 metri per lato per le strade e di 50 metri per lato per le linee ferroviarie.

L'applicazione del metodo adottato per la definizione acustica delle aree non è in grado di coprire uniformemente tutta l'area urbana. Di conseguenza sarebbero rimaste non classificate e quindi non colorate alcune zone interne rispetto alla collocazione delle sorgenti individuate.

Anche se è possibile, in generale, attribuire un minore problema acustico a tali zone che, proprio per la loro collocazione, risultano in parte schermate dagli edifici sul fronte stradale o comunque distanti dalle sorgenti significative, si è ritenuto opportuno procedere alla descrizione di queste zone applicando un modello di calcolo

in dotazione alla Sezione implementato nel programma "LIMA" (specifiche in Allegato 5).

Il programma permette, note le caratteristiche orografiche dell'area e i dati di input per il sito, di ricostruire il campo sonoro tenendo conto dell'attenuazione degli edifici e del decadimento della rumorosità con la distanza dalla sorgente.

3.6 – PUNTI DI RILEVAZIONE IN CONTINUO

Come dati di rilevazione del rumore per l'intero periodo di 24 ore sono stati utilizzati i rilievi effettuati in corrispondenza della strada a maggior traffico veicolare (Via Faentina) con il mezzo mobile.

Il campionamento sull'arco delle 24 ore, rilevando Leq orari, ha avuto una durata di 15 giorni.

I livelli di rumore medi giornalieri in dBA per i giorni feriali, separatamente per il periodo di riferimento diurno e notturno, sono riportati nella tabella seguente.

	Leq diurno (dBA)	Leq notturno (dBA)
Lunedì	69.4	64.2
Martedì	69.3	65.7
Mercoledì	69.4	64.5
Giovedì	69.3	65.4
Venerdì	68.6	65.1
Sabato	68.5	65.3
Media settimanale	69.1	65.0

Tabella 4 - Rilevazione di rumore in continuo sulle 24 ore.

Nella figura seguente è riportato l'andamento del "giorno tipico feriale" di rumore calcolato considerando, per ogni ora, la media energetica dei livelli equivalenti misurati in quell'ora durante tutti i giorni feriali del periodo di misura.

L'indicazione dell'ora è relativa al termine del periodo considerato; in questo senso l'indicazione delle ore 18 deve essere interpretata come l'intervallo orario 17:00 – 18:00

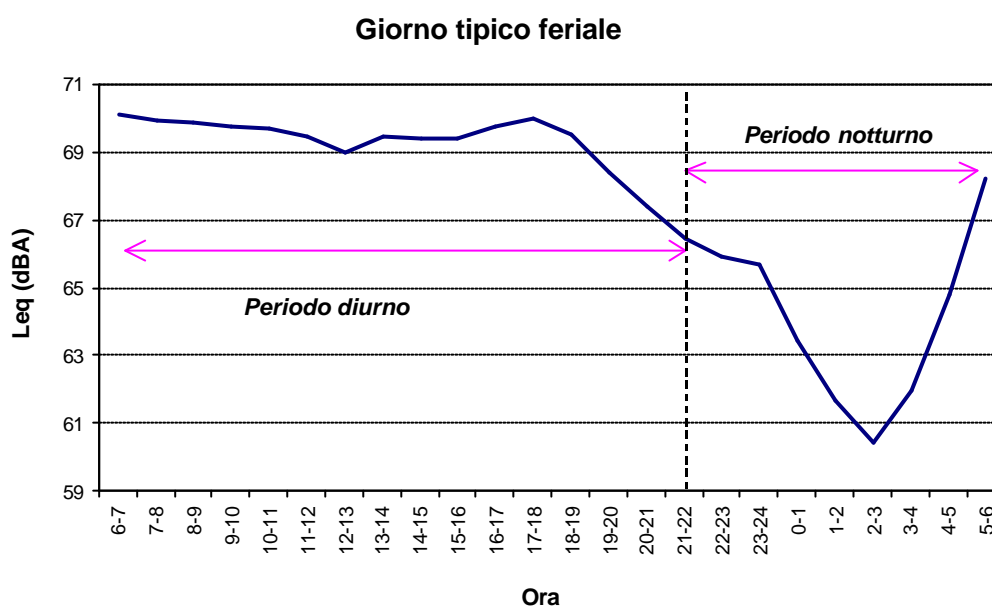


Fig. 4 - Rappresentazione del giorno tipico feriale

Si verifica come, in corrispondenza della strada a maggior flusso veicolare dell'abitato di Russi, i livelli equivalenti rimangono sensibilmente elevati durante tutto il periodo diurno; dopo le 22 si evidenzia un decremento marcato del livello (minimo alle 3 di notte) che poi risale rapidamente nelle prime ore del giorno.

Oltre ad informazioni sugli andamenti dei livelli nel corso della giornata, l'analisi condotta in continuo permette di confermare la validità della scelta del periodo 09:00-12:00 come intervallo all'interno del quale eseguire i rilievi per la caratterizzazione del territorio dal punto di vista spaziale per il periodo di riferimento diurno.

4 – CARTA DI CONFRONTO FRA ZONIZZAZIONE ACUSTICA E MAPPA DEL RUMORE

La fase finale è la realizzazione della carta di confronto. L'obiettivo è individuare, facendo riferimento al quadro conoscitivo effettuato ed agli elaborati prodotti nelle fasi precedenti, le aree che presentano situazioni critiche per il rumore e stabilire una scala di criticità.

Per giungere alla definizione della criticità delle varie zone è stata realizzata la carta di confronto fra zonizzazione acustica e mappa del rumore - Tavole 5 (a, b,c).

La carta, che permette di visualizzare le aree nelle quali si verifica un superamento dei limiti di rumore e di quantificare l'entità di tale superamento, è stata realizzata tramite sovrapposizione cartografica delle mappe a disposizione, tematizzata sulla base della matrice di criticità sintetizzata nella tabella 5.

Il grado di criticità viene stabilito attraverso la quantificazione della differenza tra la rumorosità dell'area secondo la mappa acustica ed il limite previsto per la stessa area dalla zonizzazione.

Classi zonizzazione - Limiti [dB(A)]						
Livello mappatura [dB(A)]	I 50 dBA	II 55 dBA	III 60 dBA	IV 65 dBA	V 70 dBA	VI 70 dBA
> 75						
70 - 75						
65 - 70						
60 - 65						
55 - 60						
50 - 55						
< 50						

LEGENDA:

COLORI					
Superamento limite di zona	> 15 dB(A)	15? dB(A) > 10	10? dB(A) > 5	5? dB(A) > 0	<i>Nulla (oppure zona non mappata)</i>

Tab.5 - Matrice di Criticità

Un altro parametro importante per valutare la criticità di un'area rispetto al problema inquinamento acustico, oltre all'entità del superamento del limite di rumore, è la popolazione residente esposta.

Un successivo approfondimento potrebbe prevedere la quantificazione della popolazione esposta associando ad ogni edificio critico il numero di abitanti e calcolare un indice composito:

$$IC(zona) = \frac{P_{sup}(i) \cdot res(i)}{\max_i (P_{sup}(i) \cdot res(i))} + \frac{Res_{zona}}{Res_{zona\ max}}$$

dove $IC(zona)$ = indice di criticità associato alla zona

$P_{sup}(i)$ = peso associato all'entità di superamento del limite relativo all'edificio i -esimo

$res(i)$ = popolazione residente esposta nell'edificio i -esimo

Res_{zona} = popolazione residente esposta nella zona

$Res_{zonamax}$ = popolazione residente esposta nella zona più popolosa

L'indice si compone di due termini: il primo addendo consente di pesare l'entità di superamento del limite rispetto al numero di residenti esposti (rappresenta quindi una sorta di "dose di superamento" complessiva per l'areale in esame). Il secondo addendo permette di attribuire un maggiore grado di criticità alle zone più popolate. I termini al denominatore consentono invece di normalizzare i valori rispetto ai valori massimi ottenuti per l'insieme di areali analizzati, ottenendo così un indice di criticità relativo variabile da 0 a 2. I valori dell'indice di criticità ottenuti per le zone possono essere aggregati in classi con l'obiettivo di classificare e rappresentare graficamente il livello di criticità secondo la seguente scala:

(i) criticità	Valore
bassa	$0 < IC \leq 0.4$
media	$0.4 < IC \leq 0.8$
alta	$0.8 < IC \leq 1.2$
molto alta	$1.2 < IC \leq 2$

CONCLUSIONI

Il Comune di Russi ha affidato ad ARPA Sezione di Ravenna il progetto di realizzazione della Mappatura acustica del territorio del Comune.

L'obiettivo primario del progetto era la redazione della carta contenente la mappatura acustica del territorio e la carta di confronto.

La zonizzazione acustica era già stata predisposta dal Comune utilizzando la metodologia indicata nella **Circolare Regionale 7/93** che, a seguito dell'emanazione del D.P.C.M. 1/3/91, era stata diffusa dalla Regione per fornire ai comuni criteri metodologici utili ad uniformare le procedure di individuazione delle aree acusticamente omogenee (zonizzazione). La validità della Circolare come riferimento per la redazione delle zonizzazioni acustiche era stata ribadita dalla stessa Regione Emilia-Romagna con nota del 02/11/1998 prot.n. AMB/AMB/98/23740.

Con l'emanazione della L.R. n.15/2001 e della D.G.R. n.2053/2001 la Regione, pur mantenendo l'approccio già indicato dalla Circolare, ha introdotto alcuni nuovi elementi per l'elaborazione delle zonizzazioni acustiche che dovranno essere verificate alla luce dei criteri vigenti.

La rappresentazione cartografica della zonizzazione deliberata è stata riportata su opportuno strumento GIS con software ArcView.

Per la mappatura acustica del territorio si è fatto riferimento ai valori misurati in 36 punti del Comune che hanno fornito la base per la costruzione di areali classificati in classi di rumore definite per passi di 5 dBA.

La mappa del rumore è stata ricavata utilizzando, oltre ai dati strumentali rilevati con le modalità indicate, il modello di calcolo LIMA in dotazione e prodotta con la tecnologia GIS.

Sono state, inoltre, utilizzati dati sul monitoraggio in continuo del rumore effettuato in un punto critico, lungo la strada a maggior traffico, per evidenziare l'andamento

del rumore nell'arco delle 24 ore, e misurazioni di SEL del passaggio di treni, da cui è stato calcolato il livello equivalente di rumore diurno e notturno dovuto all'infrastruttura ferroviaria.

La carta del contrasto è stata prodotta grazie ad operazioni di overlay cartografico, che hanno evidenziato le aree più critiche sulla base della matrice di tabella 5. La carta del contrasto mostra come i superamenti siano concentrati lungo le strade a maggior traffico.

Nella carta relativa a Russi - Tavola 5 (a) - i superamenti più elevati si riscontrano in corrispondenza di alcune aree classificate I (parchi, scuole, strutture sanitarie, chiese,...) prospicienti strade ad intenso traffico veicolare:

- la residenza per anziani nella parte antistante via Faentina Nord;
- piazza Baccarini dove c'è un'area verde;
- la chiesa dei Servi in via Trieste

ed in corrispondenza di piccole porzioni di territorio lungo la via Garibaldi classificate in classe 2 nella zonizzazione.

Fra le sorgenti singole considerate (torneria Mazzotti, Officine Graziani, autofficina Dal Re) solo l'Officina Graziani induce una classe superiore a quella che si avrebbe considerando il solo contributo della strada, negli altri casi i livelli misurati sono dello stesso ordine di quelli indotti dalla viabilità.

A Godo -Tavola 5 (b) – i superamenti sono più contenuti, in pratica non vi sono differenze superiori a due classi se non in corrispondenza dell'area della Pieve di S.Stefano in Tegurio classificata I. Nel territorio urbanizzato, lungo la via Faentina, le differenze si attestano sui 5 dBA. Differenze più rilevanti, dell'ordine dei 10 dBA si riscontrano lungo la statale S. Vitale (SS n.253) dove del resto il territorio è scarsamente urbanizzato.

La Cooperativa Agra induce una classe superiore a quella che si avrebbe considerando il solo contributo della strada.

A S.Pancrazio – Tavola 5 (c) - un punto di criticità è stato rilevato in corrispondenza della scuola materna Don Ferdinando Conti, mentre lungo le strade si hanno criticità relativamente basse analoghe a quelle riscontrate a Godo.

Per quanto riguarda il rumore ferroviario, il contributo di questa sorgente non ha indotto livelli superiori a quelli previsti dalla classificazione della zonizzazione in nessuna tratta del territorio comunale.

BIBLIOGRAFIA

Cannelli G.B., Glück K., Santoboni S., *A mathematical model for evaluation and prediction of the mean energy level of traffic noise in Italian towns*, *Acustica* 53, 31, (1983) pp. 31-36 [1]

Bretoni D., Franchini A., Magnoni M. "Il rumore urbano e l'organizzazione del territorio" Pitagora, Bologna 1988 [2]

S.R. de Donato, B. Morri "Determinazione del tempo minimo di integrazione per la misura del Leq con un dato livello di confidenza nell'ipotesi di distribuzione poissoniana del flusso veicolare", *Atti del 25° Congresso Nazionale AIA 1997*, vol. 1, pagg. 585-592. [3]

S.R. de Donato, R. Vecchione, F. Busca "Caratterizzazione acustica del territorio di Rimini. Un metodo basato su misure sorgente-orientate e campionamento stratificato" *Rivista Italiana di Acustica* (1999); Vol.23, N.1-2, pp.41-47.

A.L. Brown, K.C. Lam "Urban Noise Surveys", *Applied Acoustics* 20 (1987) 23 - 39.

G. Brambilla "Il rumore ambientale" in "Il controllo dell'ambiente", Pitagora Editrice, 1994.

D. Bertoni, A. Franchini, M. Magnoni "Il rumore urbano e l'organizzazione del territorio", Pitagora Editrice Bologna, 1988.

S.R. de Donato, M. Giovannini, B. Morri "Un modello di previsione del rumore prodotto da traffico stradale" *Rivista Italiana di Acustica* (1996); Vol.20, N.3, pp.87-90.

D. Bertoni, A. Franchini, J.Lambert, M.Magnoni, P.L. Tartoni, M.Vallet "Gli effetti del rumore dei sistemi di trasporto sulla popolazione" Pitagora Editrice Bologna, 1994.

S.R. de Donato, B. Morri "Un modello di previsione del Leq da traffico stradale nell'ipotesi di distribuzione poissoniana dei veicoli" *Atti del XXV Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica*, Perugia 21 - 23 maggio 1997, pp. 423-430

M. Cosa et al. "Rumore e vibrazioni" Vol.1 e 2- Maggioli ed.,1990

S.R. de Donato, F. Busca, R. Vecchione "Andamento temporale del Leq nella città di Rimini: confronto estate-inverno e mare-monte" Atti del XXVI Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica, Torino 27 - 29 maggio 1998, pp. 433-436

Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente "Linee Guida per l'elaborazione di piani comunali di risanamento acustico"- Serie Linee Guida, 1998.

S. Giordano, F. Mazza, F. Rametta, C. Regazzi, M. Andrini, F. Borea, M. Carati, S.R. de Donato "Uso integrato di strumenti informatici per la redazione di un Piano di Risanamento Acustico" Atti del XXVII Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica, Genova 26 - 28 maggio 1999, pp. 394-397

C. Regazzi, S.R. de Donato, F. Mazza, M. Andrini, F. Borea "Definizione di un indice di criticità nell'ambito di un Piano Comunale di Disinquinamento Acustico" Atti del XXVII Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica, Genova 26 - 28 maggio 1999, pp. 398-401

T. Ishiyama, K. Tateishi, T. Arai "An analysis of traffic noise propagation around main roads in Tokyo" Noise Control Engineering Journal, Vol. 36, n.2, 1991

S.R. de Donato, B. Morri "Technical Note: A statistical model for predicting road traffic noise based on Poisson type traffic flow ",

Noise Control Eng. J. **49** (3), 2001 May-Jun, , pp. 137-143

A. Callegari, M. Confetti, S.R. de Donato, P. Luciali, L.Orlandini, M. Poli, C. Regazzi, R. Sogni "Proposta di linee guida per la caratterizzazione acustica delle aree urbane" in Atti Convegno NOISE MAPPING – Sessione speciale 17° ICA, Roma 6/9/2001

A. Callegari, S.R. de Donato, C. Regazzi "Indicatori Pressione Stato Risposta per il rumore: definizione ed applicazione al territorio della Regione Emilia-Romagna" Rivista Italiana di Acustica, Vol.25 n.4/2001, pp.435-443.

GLOSSARIO

🔗 Livello di pressione sonora (SPL)

Il livello di pressione sonora di un suono, in decibel, è 20 volte il logaritmo in base 10 del rapporto tra il valore misurato della pressione sonora generata da tale suono, ed un valore di riferimento della pressione sonora. Cioè

$$SPL = 20 \log_{10} \frac{P}{P_{rif}} \text{ dB}$$

dove, per convenzione,

$$P_{rif} = 20 \text{ } \mu\text{Pa} (0.2 \text{ nBar})$$

corrispondente alla soglia di udibilità a 1000 Hz .

🔗 Livello di potenza sonora (L_w)

Se W rappresenta l'energia totale emessa da una sorgente sonora nell'unità di tempo, il livello di potenza sonora è:

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{W}{W_{rif}} \text{ dB}$$

dove

$$W_{rif} = 0.1 \text{ pW}$$

E', quindi, possibile ricavare il livello di potenza sonora come:

$$L_w = 20 \log_{10} \frac{P}{P_{rif}} + 10 \log_{10} \frac{4 \pi r^2}{S_0} \text{ dB}$$

dove il primo termine a secondo membro è il livello di pressione acustica, $4 \pi r^2$ la superficie di involuppo ed $S_0 = 1 \text{ m}^2$ la superficie unitaria.

Per una data potenza della sorgente, l'intensità sonora e quindi il quadrato della pressione variano in modo inversamente proporzionale al quadrato della distanza. Quindi ad ogni raddoppio della distanza tra sorgente e ricevitore l'intensità sonora diminuisce di 4 volte; in termini logaritmici il livello della pressione sonora diminuisce di 6 dB.

E' necessario che r sia sufficientemente grande (almeno due volte la dimensione massima della macchina) perché i punti di misura si trovino nel campo delle onde progressive (al di là cioè del campo vicino) dove la pressione acustica e la velocità delle particelle del mezzo posto in vibrazione sono in fase.

Il modello di sorgente posta nello spazio libero ed irradiante in tutte le direzioni rappresenta alcune situazioni reali (come ad esempio un aereo in volo), ma è poco aderente al caso comune di sorgenti situate vicino al terreno. Se, in queste condizioni, lo spazio che circonda la sorgente è praticamente libero da superfici riflettenti e da barriere, si realizza il caso della propagazione semisferica nel quale le onde acustiche irradiate verso il basso si sovrappongono a quelle irradiate verso l'alto. Per cui si vede, che tutta l'energia irradiata dalla sorgente fluisce solamente attraverso metà della superficie sferica (quindi nella relazione precedente il termine $4\pi r^2$ dovrà essere sostituito da $2\pi r^2$). Ciò significa che l'intensità sonora ad una distanza r dalla sorgente raddoppia e quindi che il livello della pressione sonora aumenta di 3 dB a parità di potenza emessa.

Quando la sorgente sonora è rappresentata, ad esempio, da una strada rettilinea con una densità di traffico uniforme (quindi con un volume di traffico superiore a 400 veicoli/ora se si considera il tempo medio di emissione di un autoveicolo pari a 9 – 10 secondi) distribuita su tutta la sua lunghezza, si può dire di essere in presenza di una sorgente lineare. La differenza sostanziale tra questa sorgente e quella puntiforme sta nel fatto che, mentre quest'ultima è libera di irradiare in tutte le direzioni, le onde si propagano dalla sorgente lineare formando una serie di superfici cilindriche concentriche.

Se si considera la potenza irradiata dall'unità di lunghezza si può ricavare la relazione tra la potenza per unità di lunghezza della sorgente lineare a livello del terreno e la pressione sonora alla distanza r dall'asse di simmetria dei cilindri linea:

$$W = \frac{P^2}{\rho c} \cdot 2\pi r \text{ Watt}$$

La presenza del termine $2\pi r$ sta ad indicare che l'irraggiamento avviene su di uno spazio semicilindrico.

Livello sonoro equivalente (L_{EQ})

Il livello sonoro equivalente continuo (L_{eq}) costituisce un indice dell'effetto globale di disturbo dovuto ad un evento di rumore compreso entro un dato intervallo di tempo; esso cioè corrisponde a quel livello di rumore continuo e costante che nell'intervallo di tempo predetto possiede lo stesso "livello energetico medio" del rumore originario. Il criterio del contenuto medio energetico è basato sull'individuazione di un indice che possa globalmente rappresentare l'impatto sull'organo uditivo di una sequenza di rumori in un determinato intervallo di tempo: esso in sostanza valuta anziché i valori istantanei del fenomeno acustico, l'energia totale percepita dal soggetto in un certo tempo.

Tramite questo parametro si sostituisce al reale valore fluttuante del livello di pressione acustica, il valore virtuale costante e continuo, denominato Livello Equivalente L_{eq} che obbedendo al principio della conservazione dell'energia, rappresenta gli effetti del rumore. Più in dettaglio, il livello equivalente continuo di rumore L_{eq} , è il livello di pressione sonora di un segnale continuo e costante per un determinato tempo T , avente lo stesso valore quadratico medio di un suono la cui pressione sonora $p(t)$ varia con il tempo, per cui:

$$L_{eq} (dB) = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p(t)^2}{p_{rif}^2} dt \right\}$$

Qualora il rumore, invece di essere descritto attraverso un livello sonoro variabile con continuità nel tempo, è rappresentato da una successione di livelli sonori $L_{p1}, L_{p2}, \dots, L_{pn}$, associati ad intervalli di tempo t_1, t_2, \dots, t_n , in cui è suddivisibile l'intero periodo di osservazione T , il livello equivalente di pressione L_{eq} può essere calcolato secondo la:

$$L_{eq} (dB) = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} t_i \right\}$$

dove:

$$T = \sum_{i=1}^n t_i$$

Da notare che i recenti strumenti nel campo dell'acustica, sono predisposti, come previsto dalla normativa vigente, di circuiti integratori, così da essere in grado di fornire, oltre che i livelli istantanei, anche i livelli sonori equivalenti riferiti ad un prefissato tempo di riferimento.

~~SEL~~ Livello di esposizione sonora (SEL)

Il SEL è definito come il livello costante che agisce per un secondo avente lo stesso livello di energia acustica del suono originario. Usualmente si dice anche che il SEL è il L_{eq} normalizzato ad un secondo.

$$SEL (dB) = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p(t)^2}{p_{rif}^2} dt \right\}$$

dove: $t_0 \geq 1s$ e $t_2 - t_1$ intervallo di misura.

Le misure di SEL sono spesso usate per descrivere l'energia sonora di un singolo evento come, ad esempio, il passaggio di un autoveicolo o di un treno. Il vantaggio di usare il SEL sta nel fatto che tutti i SEL misurati sono normalizzati ad 1 secondo, e quindi immediatamente comparabili.

🔗 **Livello sonoro massimo e minimo (L_{MAX} , L_{MIN})**

Tali valori sono definiti come:

$$L_{max} = 20 \log_{10} \frac{P_{max}}{P_{rif}} \text{ dB}$$

analogamente si definisce L_{min} .

Questi rappresentano il valore massimo e minimo che assume il livello di pressione sonora in un intervallo di misura.

🔗 **Livelli statistici cumulativi (L_N)**

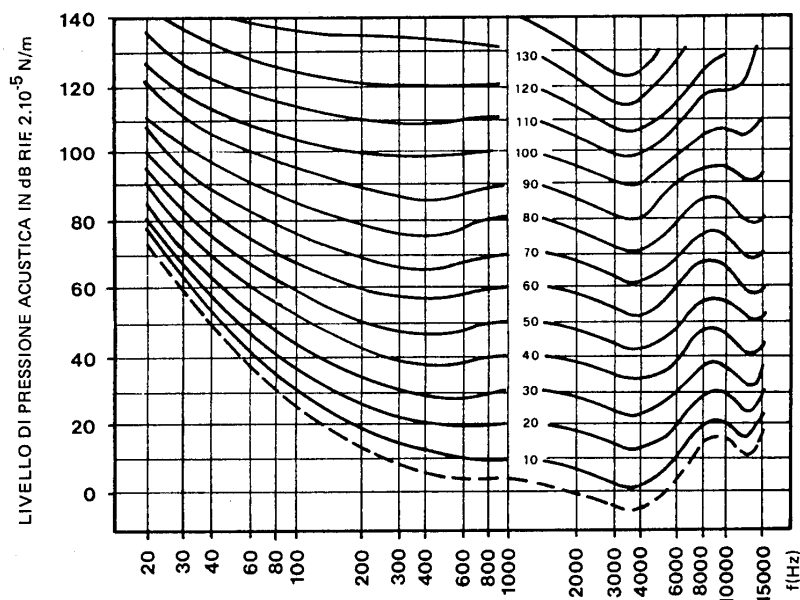
I livelli statistici cumulativi, o percentili, rappresentano i livelli che sono stati superati per una certa percentuale di tempo durante il periodo di misurazione (es. L_{95} rappresenta il livello di rumore superato per il 95% del tempo di rilevamento). Gli L_N più comunemente impiegati sono $L_{0,1}$, L_1 , L_5 , L_{10} (rumorosità di picco), L_{50} (rumorosità media), L_{90} , L_{95} (livello di fondo) e L_{99} .

🔗 **La sensazione uditiva**

La sensibilità dell'orecchio, per quanto riguarda i livelli di pressione sonora, diminuisce sensibilmente alle basse frequenze, si accentua alle frequenze medie e torna a ridursi, ma in modo meno marcato, alle frequenze più alte. Aumentando i livelli di pressione la curva di sensibilità tende ad appiattirsi.

Per quantificare questi andamenti sono state realizzate delle curve di eguale sensazione sonora (o isofone) che riportano il livello di sensibilità alla pressione in funzione della frequenza. I soggetti esaminati sono stati sottoposti a toni puri (suoni caratterizzati da un solo valore della frequenza nello spettro) al fine di identificare

uguali sensazioni sonore al variare della frequenza e del livello di pressione del segnale sonoro; come riferimento sono stati scelti dei toni puri di 1000 Hz.



Curve di iso-rumore per toni puri in campo aperto: mostrano livelli di pressione sonora giudicati ugualmente fastidiosi. Le curve sono in funzione del livello di rumorosità espresso in phon.

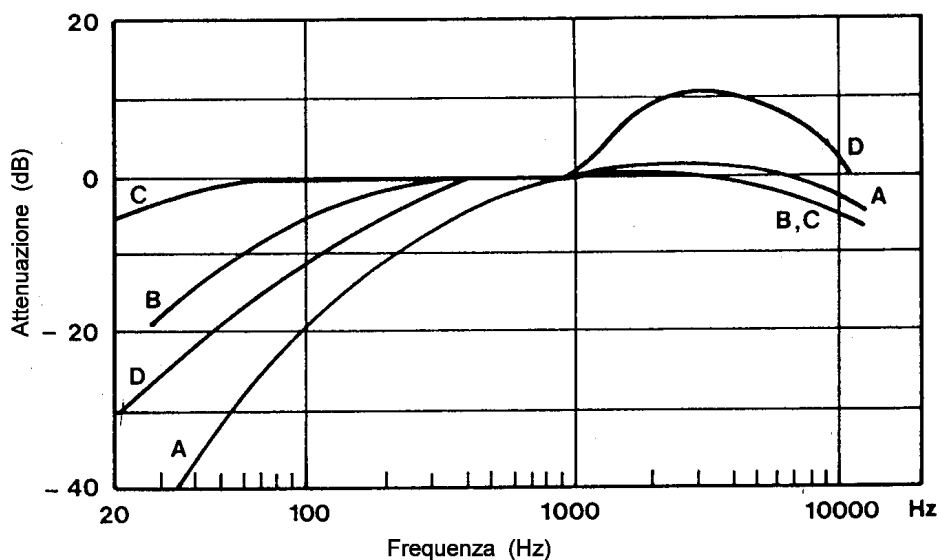
Si definisce intensità sonora soggettiva di un suono qualsiasi, il livello di pressione sonora di un suono puro della frequenza di 1000 Hz, che dia la stessa sensazione del suono preso in considerazione. La grandezza è misurata in phon.

Le curve di iso-rumore mostrate nella figura precedente rappresentano il luogo dei punti a stessa sensazione sonora e mostrano con estrema chiarezza l'andamento della sensibilità acustica dell'uomo.

Poiché queste curve hanno un andamento non lineare, qualora si voglia valutare, con ragionevole approssimazione, l'intensità soggettiva determinata da un rumore o da un suono, è necessario ricorrere ad artifici tecnici di calcolo. Questi ultimi, infatti, consentono di ottenere un singolo valore numerico rappresentativo delle due variabili (intensità e frequenza) prese in considerazione.

I fonometri sono infatti dotati di circuiti di correzione che reagiscono con un andamento coerente con quello dell'andamento delle curve di sensibilità soggettiva.

La forma delle curve A, B e C è ispirata a quella delle curve isofoniche (vedi figura seguente).



Attenuazione in dB per la banda di ottava nei circuiti pesati A, B, C, D.

La scala di ponderazione A approssima l'inverso della isofonica a 40 phon (unità di misura della sensazione equivalente) e tiene conto della minor sensibilità dell'orecchio alle basse frequenze e alle frequenze più elevate. Oltre la scala A sono state realizzate altre scale di ponderazione (B, C, D), in quanto ciascuna scala considera solamente la dipendenza della sensazione sonora dalla frequenza, ma non dal livello di pressione sonora e quindi non ne esiste una universale.

La scala A, corrispondente alla isofonica di 40 phon, è stata realizzata per trattare problemi di livelli sonori abbastanza moderati come quelli concernenti gli aspetti della vita quotidiana. Le scale B e C, corrispondenti rispettivamente alle isofoniche di 70 e 100 phon, sono cadute in disuso. La curva di ponderazione C era utilizzata per la misurazione di suoni impulsivi come, ad esempio uno sparo, la curva di ponderazione D, corrispondente alla isofonica di 100 phon, è stata introdotta per fornire una valutazione approssimata del traffico aereo, ed il suo impiego è finora pressoché limitato a questo scopo.

La ponderazione di un livello sonoro comporta l'introduzione di nuove unità di misura, poiché il valore numerico in dB lineari risulta diverso da quello ponderato e quindi si fa seguire il simbolo di dB dalla lettera maiuscola che individua la scala di ponderazione (esempio dB(A)).

ALLEGATO 1**LIVELLI EQUIVALENTI MISURATI LUNGO LE STRADE****RUSSI**

<i>Codice</i>	<i>Punto di misura</i>	<i>Leq medio (dBA)</i>
1	Via Faentina, 111	72,0
2	Via Faentina Nord, 190	71,0
3	Via Garibaldi, 146	69,3
4	Via Garibaldi, 66	71,9
5	Via Provinciale Molinaccio, 63	66,6
6	Via Trieste, 19	65,0
7	Via IV Novembre, 24	68,6
8	Corso Farini, 31	64,5
9	Via Godo Vecchia, 7	61,4
10	Via Vecchia Godo, 17	63,2
11	Viale della Repubblica, 6	62,4
12	Via Mazzini, 7	59,4
13	Via Piemonte, 3	49,6
14	Via Petrarca, 3	52,5
15	Via Faentina Nord, sottopasso	69,6
24	Via Fiumazzo, 17	60,1
25	Via IV Novembre, 58	63,8
26	Via Azzali, 9/3	55,8
27	Via Chiesuola, 11	66,2

GODO

Codice	Punto di misura	Leq medio (dBA)
16	Via S.Vitale, 2	73,1
17	Via Faentina Nord, 116	67,6
18	Via Croce, 54	63,2
19	Via Rossini, 8	51,1
28	Via Fringuellina, 20	64,7

SAN PANCRAZIO

Codice	Punto di misura	Leq medio (dBA)
20	Via Provinciale Molinaccio, 124	69,8
21	Via Randi, 44	62,5
22	Via Manzoni, 7	48,9
23	Via Fringuellina, 6	66,9
29	Via Farini	54,8

ALLEGATO 2**STRADE ACUSTICAMENTE SIMILI****RUSSI**

Strada	Raggruppamento	Leq medio (dBA)
V.lo della Chiesa	1	
Via Babini	1	
Via Barbetti	1	
Via Buonarroti	1	
Via Caduti del Lavoro	1	
Via Caduti per la Libertà	1	
Via Cairoli	1	
Via Calderana	1	
Via Cantimori	1	
Via Carducci	1	
Via Cavina	1	
Via Corelli	1	
V.lo D. Farini	1	
Via D'Azeglio	1	
Via da Vinci	1	
Via De Gasperi	1	
V.lo Della Fonte	1	
Via Delle Regioni	1	
Via dello Sport	1	

Strada	Raggruppamento	Leq medio (dBA)
Via Don Minzoni	1	
Via Donizetti	1	
Via Emilia Romagna	1	
Via Farini	1	
Via Friuli	1	
Via G. Bruno	1	
Via Galilei	1	
Via Giusti	1	
Via Gobetti	1	
Via Gordini	1	
Via Grandi	1	
Via Gucci	1	
Via Guerrini	1	
Via Liguria	1	
Via Lombardia	1	
Via Marche	1	
V.le Marconi	1	
Via Mascagni	1	
Via Melozzo da Forlì	1	
Via Monti	1	
Via Nenni	1	
Via Neruda	1	
Via Pascoli	1	
Via Perosi	1	

Strada	Raggruppamento	Leq medio (dBA)
Via Petrarca	1	52,5
Via Pezzi Siboni	1	
Via Piemonte	1	49,6
Via Provinciale Chiesuola	1	
Via Romagnoli	1	
Via Saffi	1	
Via Spadolini	1	
Via Spallicci	1	
Via Toscana	1	
Via Umbria	1	
Via Vecchia Godo	1	
Via Vittorio Veneto	1	
Via XXV Aprile	1	
Via Zaccagnini	1	
Via Azzali	2	55,8
Via Cacciaguerra	2	
Via Cavour	2	
Via die Martiri	2	
Via Don Minzoni	2	
Via Gucci	2	
Via Matteotti	2	
Via Mazzini	2	59,4
Via Modigliani	2	
Via Pascoli	2	
Via Ungaretti	2	

Strada	Raggruppamento	Leq medio (dBA)
Via Vecchia Cortina	2	
Via Vittorio Veneto	2	
Corso L. Farini	3	64,5
Piazza D. Farini	3	
Via Carrarone V.lo	3	
Via.le della Repubblica	3	62,4
Via Di Vittorio	3	
Via Fiumazzo	3	60,1
Via Gucci	3	
Via IV Novembre	3	63,8 – 68,6
Via Maccabelli	3	
Via Madrara	3	
Via Pertini	3	
Via Provinciale Chiesuola	3	66,2
Via Roma	3	
Via S. Giovanni	3	
Via Trento	3	
Via Vecchia Godo	3	61,4 – 63,2
Via Faentina Nord	4	72,0 – 71,0
Via Faentina Sud	4	
Via Garbaldi	4	69,3 – 71,9
Via Provinciale Molinaccio	4	66,6
S.S. 302 Brisighellese-Ravennate	4	
Via Trieste	4	65,0

GODO

Strada	Raggruppamento	Leq medio (dBA)
Via Baracca	1	
Via Bellini	1	
Via Bruffaiaga	1	
Via Casadio	1	
Via Foscolo	1	
Via Goldoni	1	
Via Leopardi	1	
Via Mazzini	1	
Via Montessori	1	
Via Perdisa	1	
Via Piave	1	
Via Pirandello	1	
Via Plauto	1	
Via Prov.le Franguelline	1	
Via Puccini	1	
Via Raisa	1	
Via Rivalona	1	
Via Rossini	1	51,1
Via Sauro	1	
Via Tagliamento	1	
Via Verdi	1	

Strada	Raggruppamento	Leq medio (dBA)
Via Croce	3	63,2
Via Faentina	3	67,6
Via Giotto	3	
Via Prov.le Franguelline	3	64,7
Via Sentierone	3	
S.S. 253 Via S. Vitale	4	73,1

SAN PANCRAZIO

Strada	Raggruppamento	Leq medio (dBA)
Via Adige	1	
Via Ariosto	1	
Via dei Naldi	1	
Via Dell'Artigianato	1	
V.lo Della Chiesa	1	
Via Della Libertà	1	
Via Della Resistenza	1	
Via Don Conti	1	
Via E. Farini	1	
Via Foschini	1	
Via Gobbi	1	

Strada	Raggruppamento	Leq medio (dBA)
Via Isonzo	1	
Via Manzoni	1	48,9
Via Po	1	
Via Randi	1	
Via Santa Caterina	1	
Via Turchetti	1	
Via XVII Novembre	1	
Via Zama	1	
Via Zona Artigianale	1	
Vicolo Torre	1	
Via E. Farini	2	54,8
Via Randi	3	62,5
Via Prov.le Franguelline	4	66,9
Via Prov.le Molinaccio	4	69,8
Via Provinciale Naldi	4	

ALLEGATO 3**MISURE DI FLUSSO VEICOLARE****RUSSI**

Codice	Punto di misura	Auto/h	Motocicli/h	Camion/h	Veicoli equiv./h
1	Via Faentina, 111	784	20	76	1108
2	Via Faentina Nord, 190	656	16	56	1120
3	Via Garibaldi, 146	756	16	60	1252
4	Via Garibaldi, 66	580	20	76	1208
5	Via Prov.le Molinaccio, 63	340	20	24	552
6	Via Trieste, 19	372	4	16	504
7	Via IV Novembre, 24	260	8	16	396
8	Corso Farini, 31	232	12	0	244
9	Via Godo Vecchia, 7	244	4	0	248
10	Via Vecchia Godo, 17	212	0	0	212
11	Viale della Repubblica, 6	81	3	9	156
12	Via Mazzini, 7	48	6	0	54
13	Via Piemonte, 3	6	0	0	6
14	Via Petrarca, 3	0	0	0	0
15	Via Faentina Nord, sottopasso	816	16	68	1376
24	Via Fiumazzo, 17	56	4	8	124
25	Via IV Novembre, 58	140	8	16	276
26	Via Azzali, 9/3	32	0	0	32
27	Via Chiesuola, 11	180	4	4	216

GODO

Codice	Punto di misura	Auto/h	Motocicli/h	Camion/h	Veicoli equiv./h
16	Via S.Vitale, 2	908	4	100	1712
17	Via Faentina Nord, 116/1	412	20	16	560
18	Via Croce, 54	141	6	0	147
19	Via Rossini, 8	15	0	0	15
28	Via Prov. Fringuellina, 20	112	8	16	248
d	Via Giotto, 2	108	32	0	140

SAN PANCRAZIO

Codice	Punto di misura	Auto/h	Motocicli/h	Camion/h	Veicoli equiv./h
20	Via Prov.le Molinaccio, 124	360	12	40	692
21	Via Randi, 44	256	4	0	260
22	Via Manzoni, 7	6	0	0	6
23	Via Prov. Fringuellina, 6	180	4	28	408

ALLEGATO 4**MISURE SORGENTI FISSE****RUSSI**

<i>Codice</i>	<i>Punto di misura</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Leq medio (dBA)</i>
a	Via Generale Pezzi Siboni, 3	Torneria Mazzotti	56,6
b	Via Modigliani, ang. Matteotti	Officina Graziani	65,1
c	Via Provinciale Molinaccio	Autofficina Dal Re	68,7

GODO

<i>Codice</i>	<i>Punto di misura</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Leq medio (dBA)</i>
d	Via Giotto, 2	Coop Agra	58,4

ALLEGATO 5**PROGRAMMI DI CALCOLO E RIFERIMENTI TECNICI
DEL PROGRAMMA LIMA**

I vantaggi più importanti dei modelli previsionali consistono:

- nel permettere la previsione di situazioni non ancora esistenti
- nella simulazione di situazioni alternative
- nella possibilità di estendere in area vasta rilievi acustici effettuati in area ristretta.

Ora, se da un lato è di grande importanza che il modello sia il più possibile fedele alla situazione reale, è altrettanto importante, ai fini dell'applicazione delle leggi vigenti, che esso sia in qualche misura "normalizzato", ossia basato su algoritmi di provata validità e testati attraverso vari confronti. Tale obiettivo è ritenuto di grande importanza per più motivi:

- ridurre i margini di variabilità nei risultati;
- applicare in termini ingegneristici i principi dell'acustica;
- offrire modelli di calcolo validi per il particolare contesto nazionale.

Il programma LIMA è stato sviluppato in Germania dalla soc. *Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH*. Funziona in ambiente Microsoft Windows e necessita di potenza di calcolo piuttosto contenute (Pentium). Prevede l'utilizzo, peraltro non esclusivo, dello standard ISO 9613 1-2, che è la ISO di riferimento a livello europeo per la previsione del rumore ambientale.

Per fissare i parametri previsionali relativi al traffico stradale viene usato lo standard tedesco RLS 90.

LIMA è un sistema modulare di programmi che permettono la costruzione della geometria del modello, l'analisi dell'immissione del rumore (per traffico stradale, ferroviario o da sorgenti fisse), l'elaborazione grafica dei risultati, l'elaborazione dei file di stampa.

La costruzione del modello di calcolo si realizza a partire dalla rappresentazione geometrica dell'area di interesse, attraverso il disegno diretto degli oggetti rilevanti acusticamente tramite digitalizzazione con mouse o importazione di *file esterni* generati da altri programmi di disegno quali AutoCAD, ArcInfo, ArcView. La geometria delle sorgenti può essere associata con 11 diversi tipi di oggetti (strade, ferrovie, industrie, impianti sportivi, ecc.).

Per i dati in ingresso il modello utilizza *tabelle di riferimento* sia per definire le proprietà di *assorbimento acustico dei materiali*, sia per definire le proprietà delle *sorgenti acustiche* che dei *ricettori*, facilitando così l'immissione dei parametri. Le tabelle possono essere modificate per generare un database personalizzato in relazione alle esigenze dell'utente.

In particolare, per quanto riguarda la previsione del rumore da traffico stradale, possono essere immessi direttamente i parametri caratteristici come la velocità media, il tipo dei veicoli (pesanti o leggeri), il flusso orario diurno e notturno, l'emissione diurna e notturna, la tipologia di strada e di pavimentazione.

Per caratterizzare l'emissione sonora delle sorgenti è possibile indicare la potenza sonora in dB(A). Si può indicare il livello di pressione sonora a una distanza prefissata (tipicamente dal bordo stradale) o ad una data altezza.

METODO DI CALCOLO

Il metodo usato per calcolare il livello sonoro è il metodo del Ray Tracing che schematizza il fronte sonoro con dei raggi emessi a simmetria sferica dalla sorgente (o cilindrica se la sorgente è lineare) dei quale si analizza il cammino caratterizzato da riflessioni o diffrazioni sugli ostacoli.

Viene utilizzato anche il metodo delle sorgenti immagine che consiste nel creare nuove sorgenti laddove c'è una riflessione sul prolungamento del raggio incidente, adeguando, ad ogni ordine di riflessione, l'intensità sonora della nuova sorgente fittizia.

Per quanto riguarda gli elementi considerati nella propagazione del rumore, il programma tiene conto di:

☞☞ assorbimento sulle superfici:	Indica la possibilità di tenere in considerazione le proprietà fonoassorbenti o fonoisolanti dei materiali che compongono le superfici degli oggetti acusticamente rilevanti inseriti nella planimetria del sito indagato. Ciò comprende ovviamente anche l'assorbimento del terreno.
☞☞ assorbimento dell'aria	Il modello tiene conto dell'assorbimento delle onde acustiche da parte dell'aria.
☞☞ sezioni verticali:	Il modello è in grado di tenere conto dell'altezza effettiva dei singoli ostacoli.
☞☞ spigoli laterali:	Il modello considera anche gli effetti di diffrazione che possono avvenire sui bordi laterali dell'ostacolo.
☞☞ barriere singole:	Si tiene conto di ostacoli il cui spessore non è rilevante (barriere).
☞☞ effetti incidenza radente:	Nel caso che il rumore si rifletta in maniera radente avremo anche effetti di diffrazione di cui il modello può tener conto.
☞☞ vegetazione:	Il modello tiene conto degli effetti causati dalla presenza di alberi, siepi o vegetazione in genere.
☞☞ Free Field:	Il modello può simulare una condizione di campo libero; utile per valutare l'attenuazione dovuta ad eventuali barriere.
☞☞ divergenza geometrica:	il modello introduce un fattore di attenuazione dovuto alla distanza, causato dall'effetto di divergenza geometrica che le onde sonore subiscono.

Il numero di elementi rappresentanti sorgenti ed ostacoli che può essere gestito all'interno di una singola sessione di lavoro dipende dalle dimensioni della RAM e dall'implementazione dell'algoritmo. La versione in dotazione alla Sezione Arpa di Ravenna gestisce tipicamente 20.000 elementi.

DATI IN USCITA

Per quanto riguarda il *livello sonoro relativo ai ricevitori* il modello permette di indicarlo in dB(A). Fornisce il Leq che può essere relativo a periodi diversi e valori supplementari utili all'ottimizzazione delle barriere.

LIMA permette anche l'analisi di situazioni conflittuali grazie alle funzioni di sovrapposizione, come la somma o la sottrazione aritmetica e la somma o la sottrazione energetica dei risultati delle simulazioni.

I risultati sono visualizzabili in modo testuale ed è possibile tracciare le curve di isolivello o elaborare mappe con aree colorate corrispondenti alle diverse classi di esposizione, che chiaramente permettono un'individuazione molto più immediata dei risultati.

Relativamente ai *formati supportati dai software per l'esportazione* dei risultati, Lima supporta ASCII tabular files, Spreadsheet format (Lotus, Excel), DXF (AutoCAD), Shape (Arcview), Bitmap

INDICE

SOMMARIO

- 1 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE**
- 2 – ZONIZZAZIONE ACUSTICA DEL TERRITORIO COMUNALE**
 - 2.1 QUADRO NORMATIVO**
 - 2.2 - LA ZONIZZAZIONE ACUSTICA**
- 3 – MAPPATURA ACUSTICA DEL TERRITORIO COMUNALE**
 - 3.1 – SCELTA DELLA METODOLOGIA DI VALUTAZIONE**
 - 3.2 – SCHEMA DEL CAMPIONAMENTO DI INDAGINE PER IL RILEVAMENTO DEL RUMORE DA TRAFFICO**
 - 3.2.1 – ELENCO DEI PUNTI DI MISURA**
 - 3.2.2 – CORRELAZIONI FRA RUMORE E INTENSITA' DEL TRAFFICO**
 - 3.3 – VALUTAZIONE DEL RUMORE FERROVIARIO**
 - 3.4 – SCHEMA DEL CAMPIONAMENTO PER IL RUMORE PRODOTTO DA SORGENTI FISSE**
 - 3.5 – DALLA DESCRIZIONE PER PUNTI ALLA MAPPA DI RUMORE**
 - 3.6 – PUNTI DI RILEVAZIONE IN CONTINUO**
- 4 – CARTA DI CONFRONTO FRA ZONIZZAZIONE ACUSTICA E MAPPA DEL RUMORE**

CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

GLOSSARIO

- ~~/~~~~/~~ Livello di pressione sonora (SPL)
- ~~/~~~~/~~ Livello di potenza sonora (L_W)
- ~~/~~~~/~~ Livello sonoro equivalente (L_{EQ})
- ~~/~~~~/~~ Livello di esposizione sonora (SEL)
- ~~/~~~~/~~ Livello sonoro massimo e minimo (L_{MAX} , L_{MIN})
- ~~/~~~~/~~ Livelli statistici cumulativi (L_N)
- ~~/~~~~/~~ La sensazione uditiva

ALLEGATO 1 - LIVELLI EQUIVALENTI MISURATI LUNGO LE STRADE

ALLEGATO 2 - STRADE ACUSTICAMENTE SIMILI

ALLEGATO 3 - MISURE DI FLUSSO VEICOLARE

ALLEGATO 4 - MISURE SORGENTI FISSE

ALLEGATO 5 - PROGRAMMI DI CALCOLO E RIFERIMENTI TECNICI DEL PROGRAMMA LIMA METODO DI CALCOLO DATI IN USCITA

INDICE

TAVOLE

TAVOLA 1a - CLASSIFICAZIONE ACUSTICA – RUSSI

TAVOLA 1b - CLASSIFICAZIONE ACUSTICA – GODO

TAVOLA 1c - CLASSIFICAZIONE ACUSTICA – SAN PANCRAZIO

TAVOLA 2a - STRATIFICAZIONE DELLE STRADE – RUSSI

TAVOLA 2b - STRATIFICAZIONE DELLE STRADE – GODO

**TAVOLA 2c - STRATIFICAZIONE DELLE STRADE – SAN
PANCRAZIO**

TAVOLA 3a - MAPPA DEL RUMORE – RUSSI

TAVOLA 3b - MAPPA DEL RUMORE – GODO

TAVOLA 3c - MAPPA DEL RUMORE – SAN PANCRAZIO

TAVOLA 4a - PUNTI DI RILIEVO FONOMETRICO – RUSSI

TAVOLA 4b - PUNTI DI RILIEVO FONOMETRICO – GODO

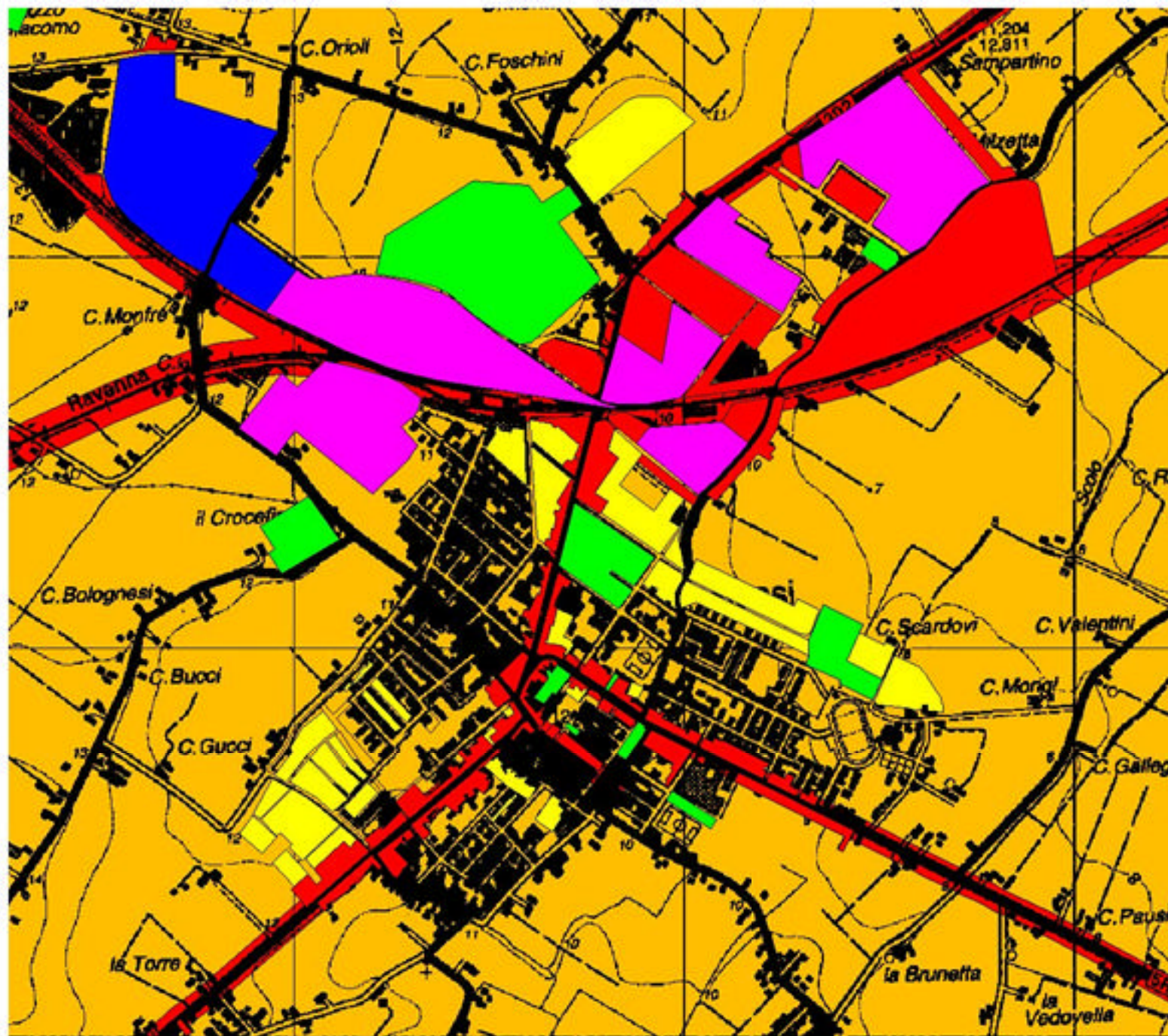
**TAVOLA 4c - PUNTI DI RILIEVO FONOMETRICO – SAN
PANCRAZIO**

TAVOLA 5a - CARTA DI CONFRONTO – RUSSI

TAVOLA 5b - CARTA DI CONFRONTO – GODO

TAVOLA 5c - CARTA DI CONFRONTO – SAN PANCRAZIO

TAV. 1a
CLASSIFICAZIONE ACUSTICA
Russi

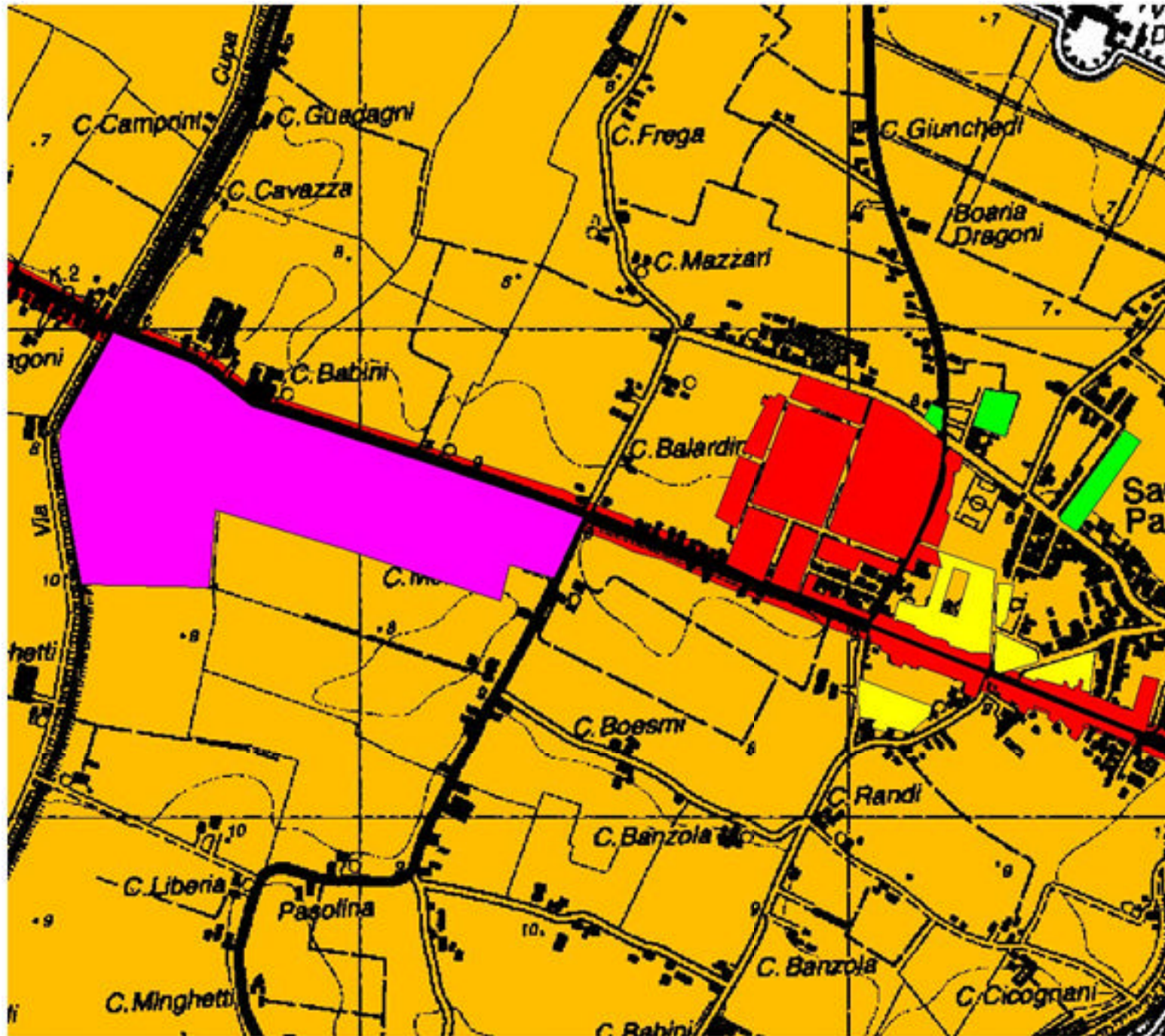


Legenda

- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4
- Classe 5
- Classe 6



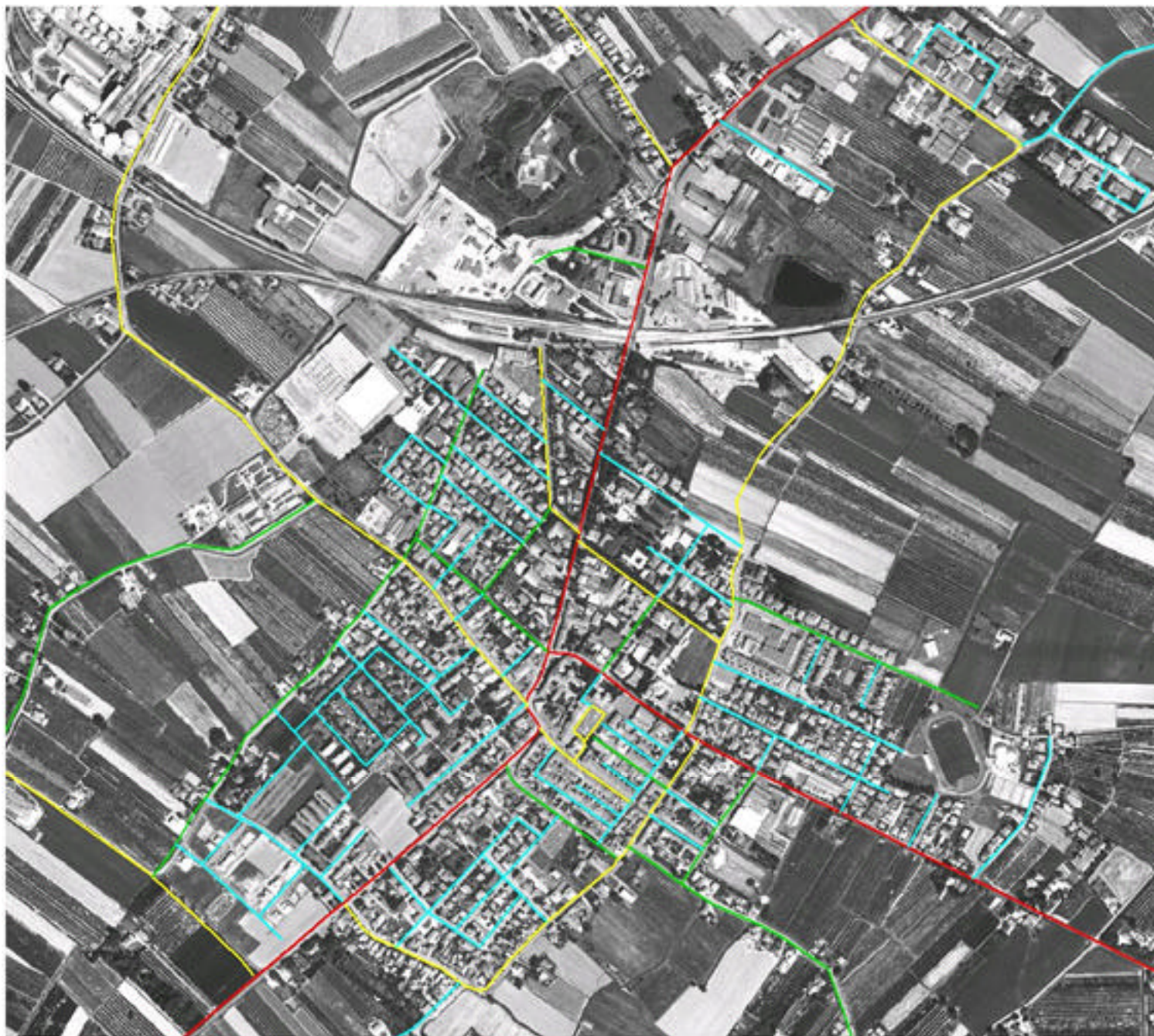
TAV. 1c
CLASSIFICAZIONE ACUSTICA
San Pancrazio



Legenda

- Classe 1
- Classe 2
- Classe 3
- Classe 4
- Classe 5
- Classe 6





TAV. 2a
STRATIFICAZIONE DELLE STRADE
Russi



Ortofoto AIMA 1:8000



TAV. 2b
STRATIFICAZIONE DELLE STRADE
Godo

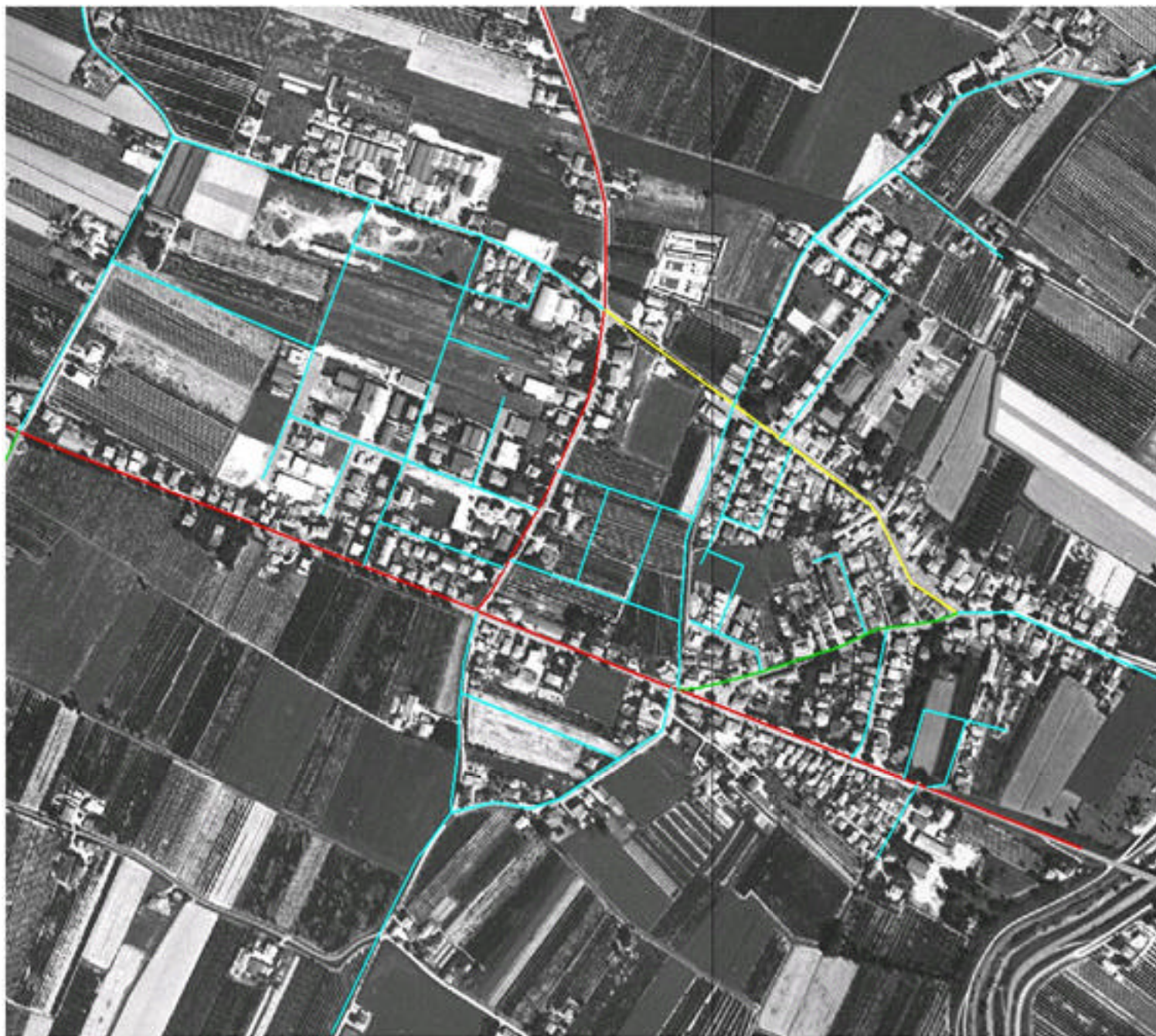


Legenda raggruppamento strade

-  Gruppo 1
-  Gruppo 2
-  Gruppo 3
-  Gruppo 4







Ortofoto AIMA 1:5000



TAV. 2c
STRATIFICAZIONE DELLE STRADE
San Pancrazio

Legenda raggruppamento strade

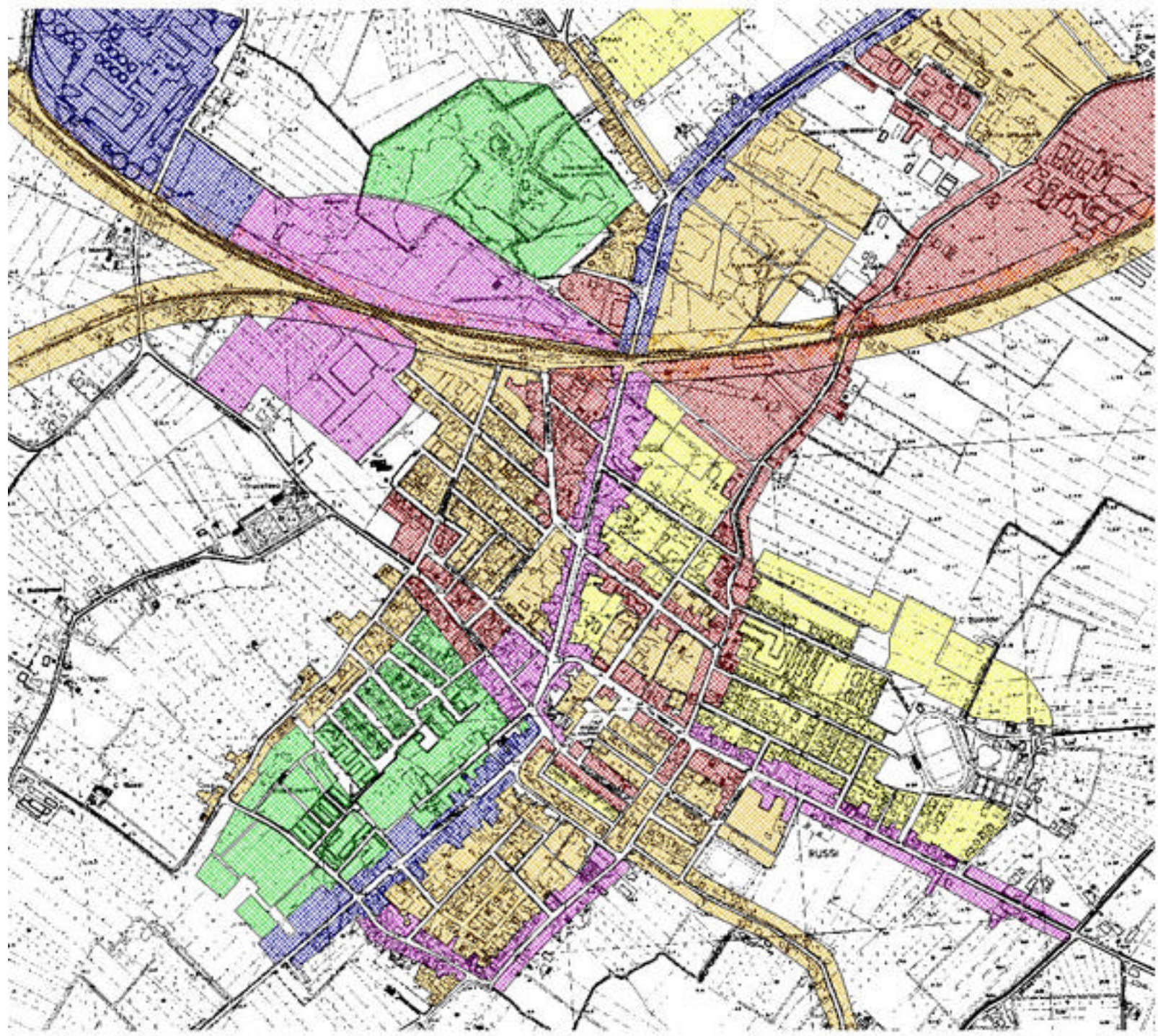
	Gruppo 1
	Gruppo 2
	Gruppo 3
	Gruppo 4



Ortofoto AIMA 1:5000



TAV. 3a
MAPPA DEL RUMORE
Russi



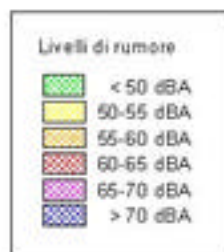
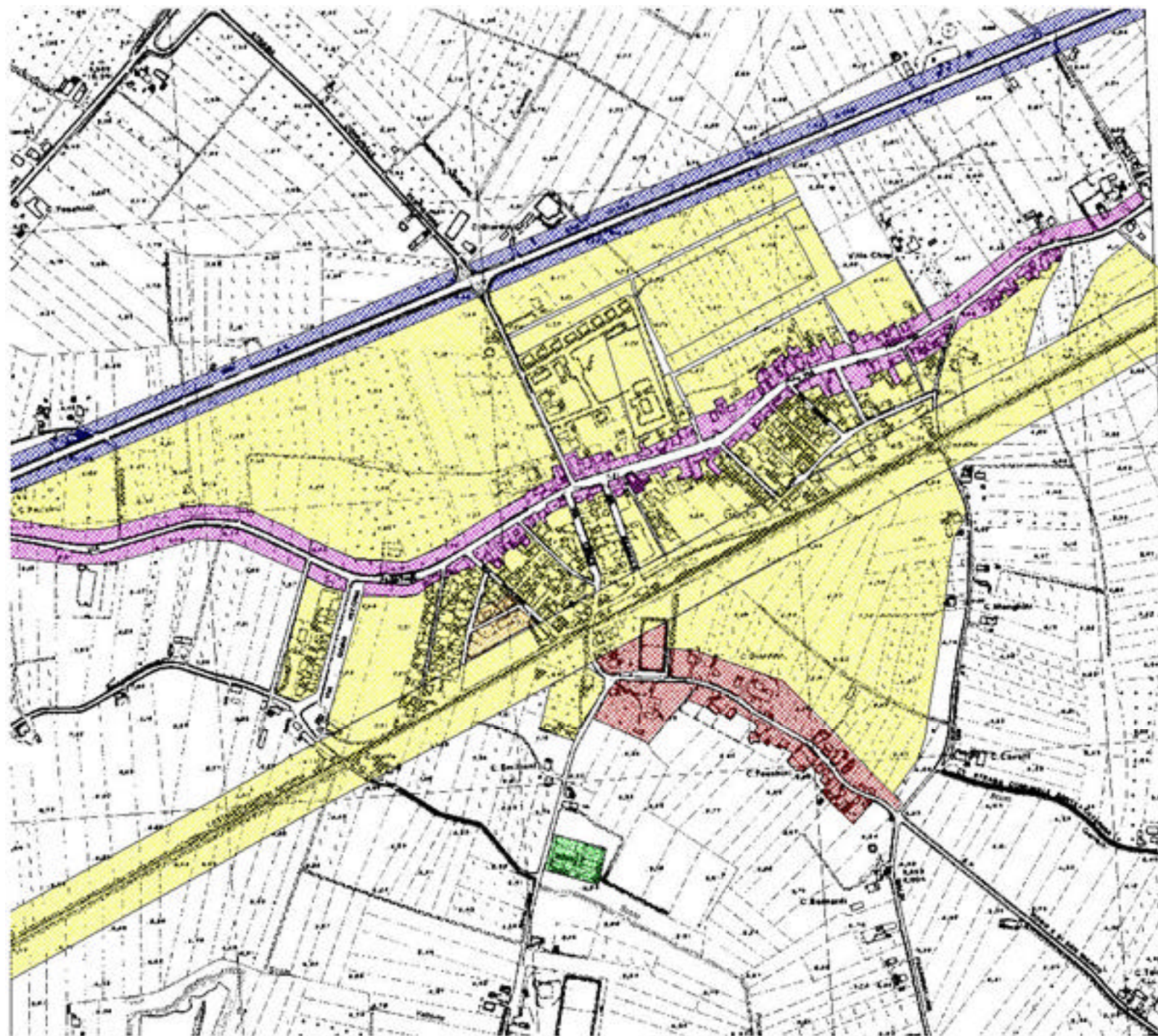
Livelli di rumore

	< 50 dBA
	50-55 dBA
	55-60 dBA
	60-65 dBA
	65-70 dBA
	> 70 dBA



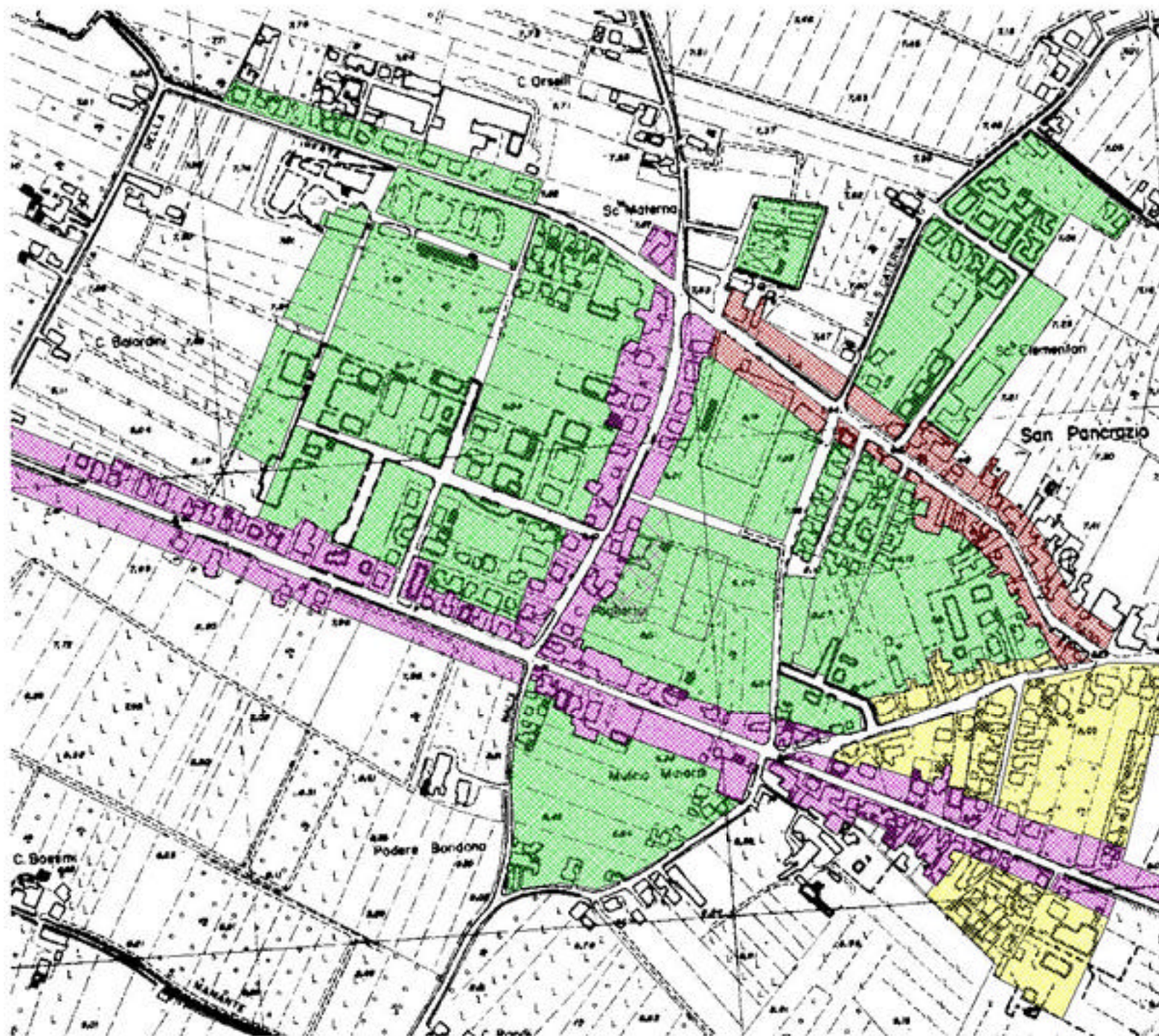
1:8000

TAV. 3b
MAPPA DEL RUMORE
Godo

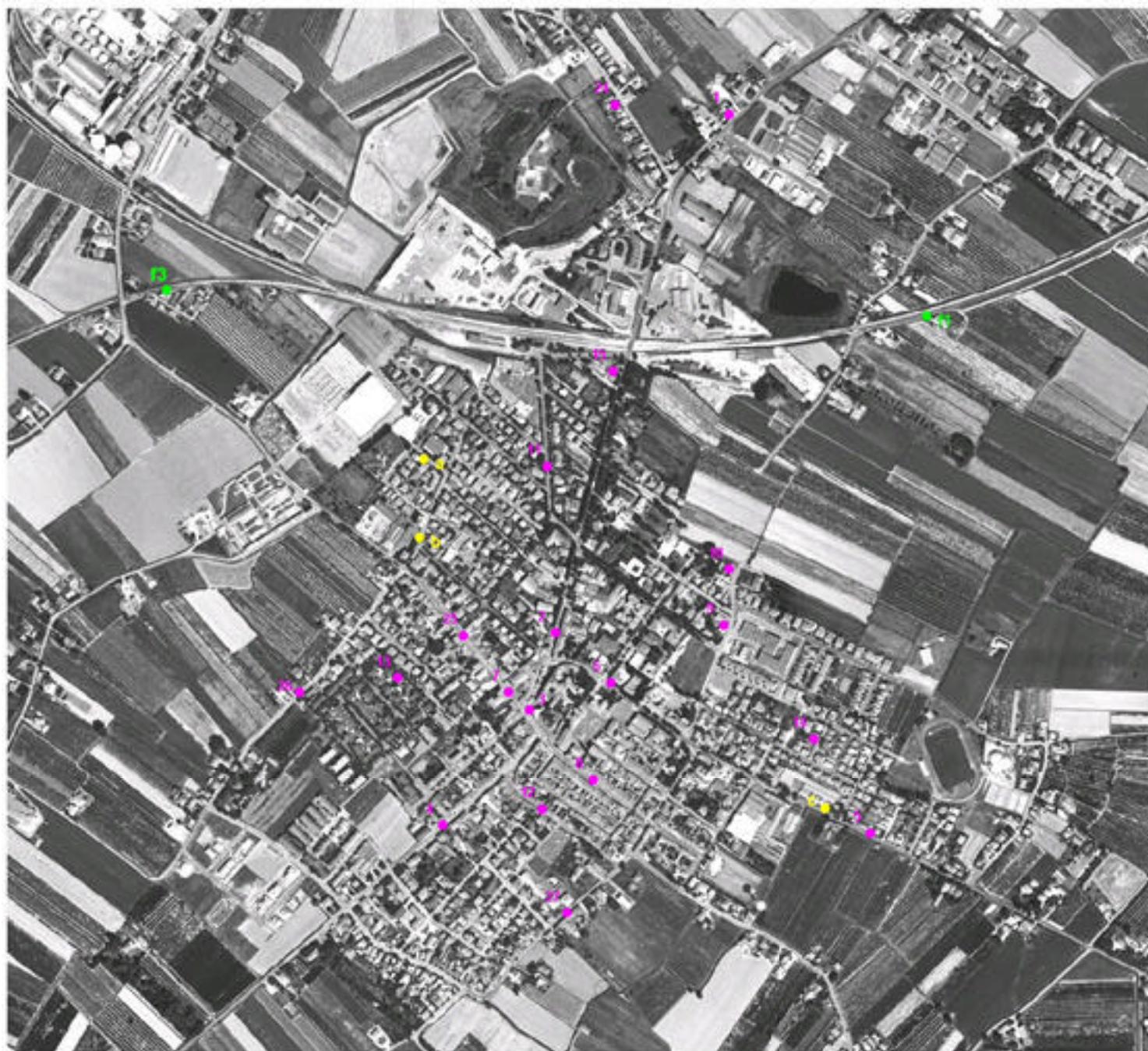


1:6500

TAV. 3c
MAPPA DEL RUMORE
San Pancrazio



1:4000



TAV. 4a
PUNTI DI RILIEVO FONOMETRICO
Russi

- Ferrovia
- Sorgenti fisse
- Strade



Ortofoto AIMA 1:8000



TAV. 4b
PUNTI DI RILIEVO FONOMETRICO
Godo

- Ferrovia
- Sorgenti fisse
- Strade



Ortofoto AIMA 1:5000



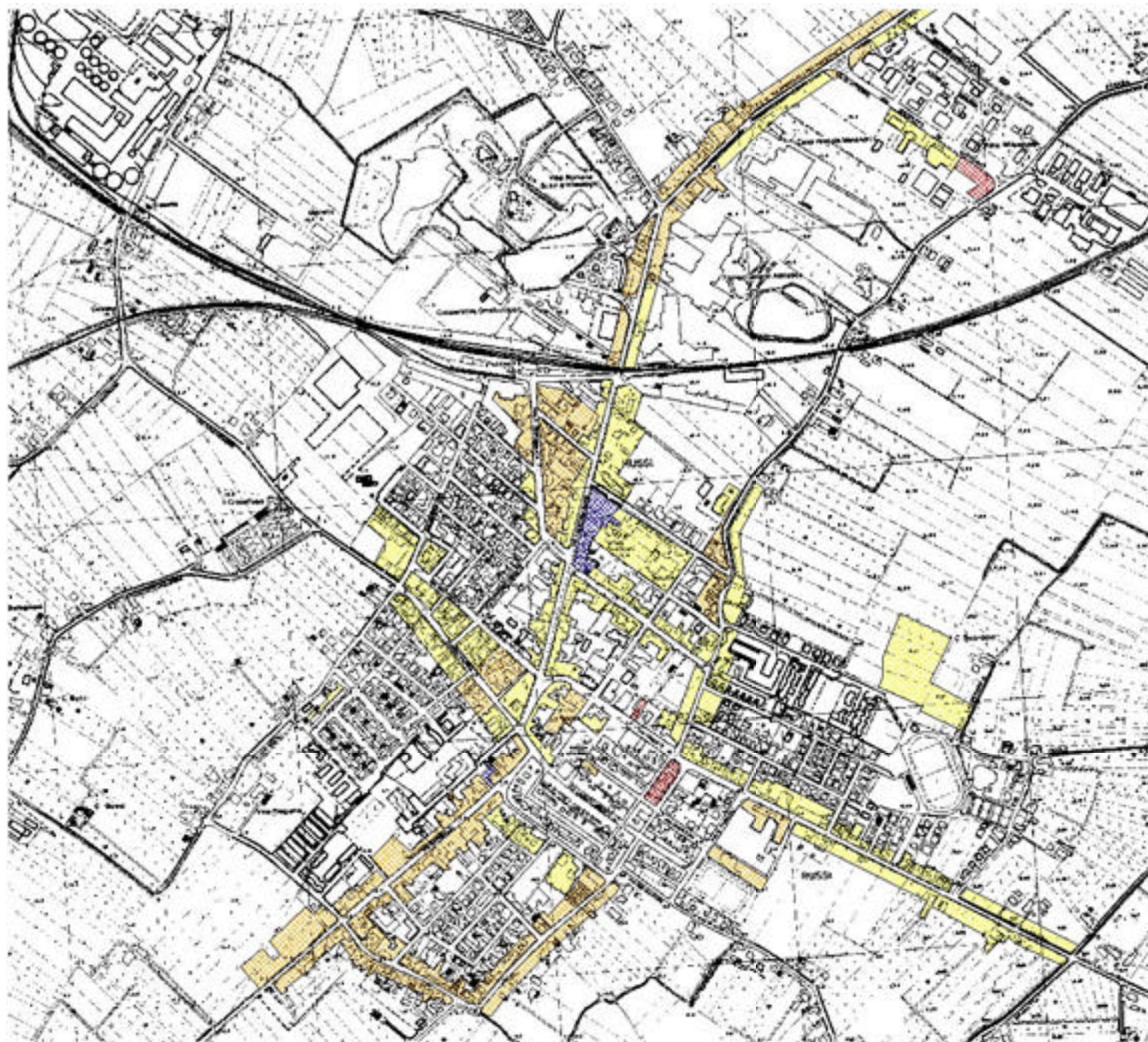
TAV. 4c
PUNTI DI RILIEVO FONOMETRICO
San Pancrazio

- Ferrovia
- Sorgenti fisse
- Strade

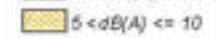


Ortofoto AIMA 1:5000

TAV. 5a
CARTA DI CONFRONTO
Russi



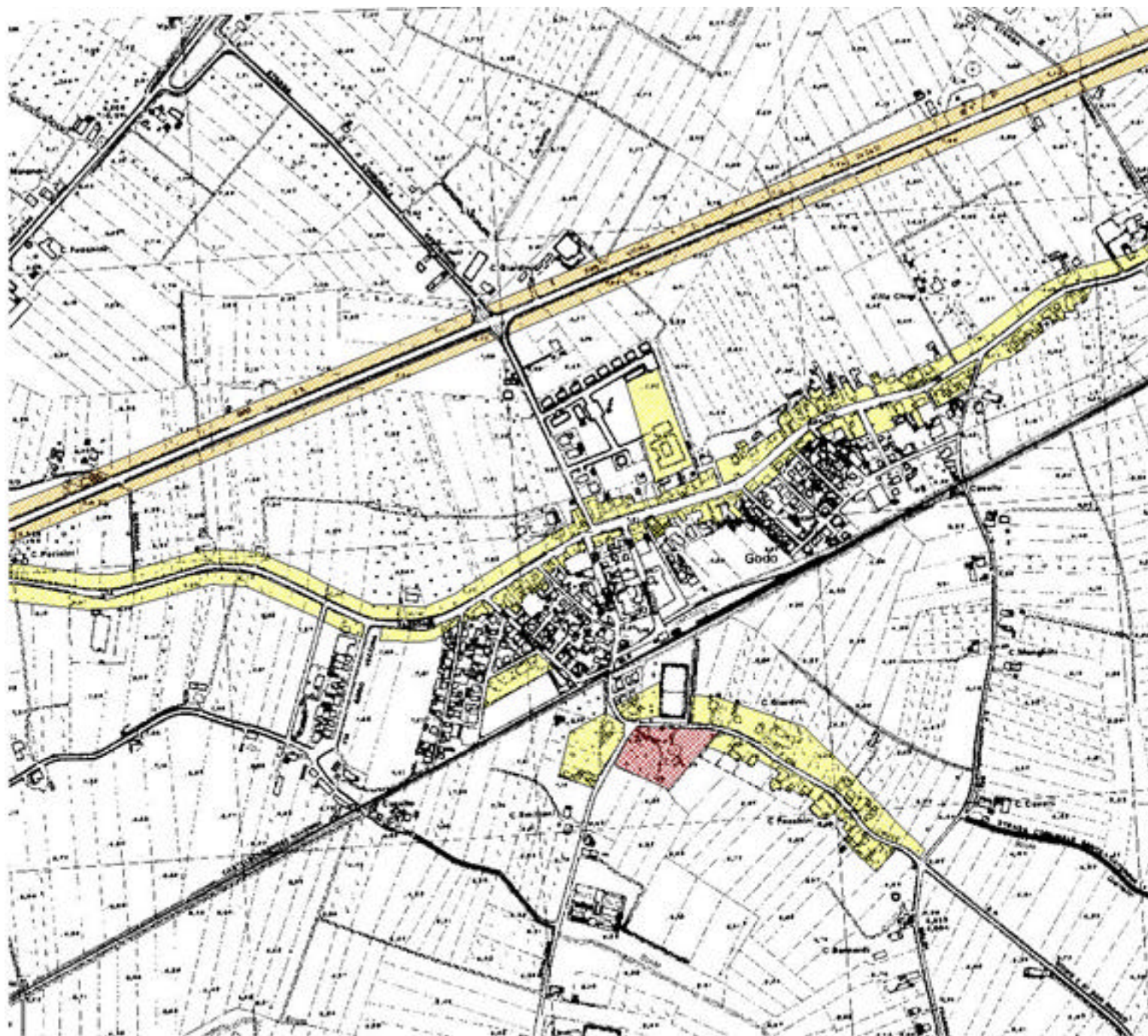
Scala di criticità

-  > 15 dB(A)
-  10 < dB(A) <= 15
-  5 < dB(A) <= 10
-  0 < dB(A) <= 5



1:8000

TAV. 5b
CARTA DI CONFRONTO
Godo

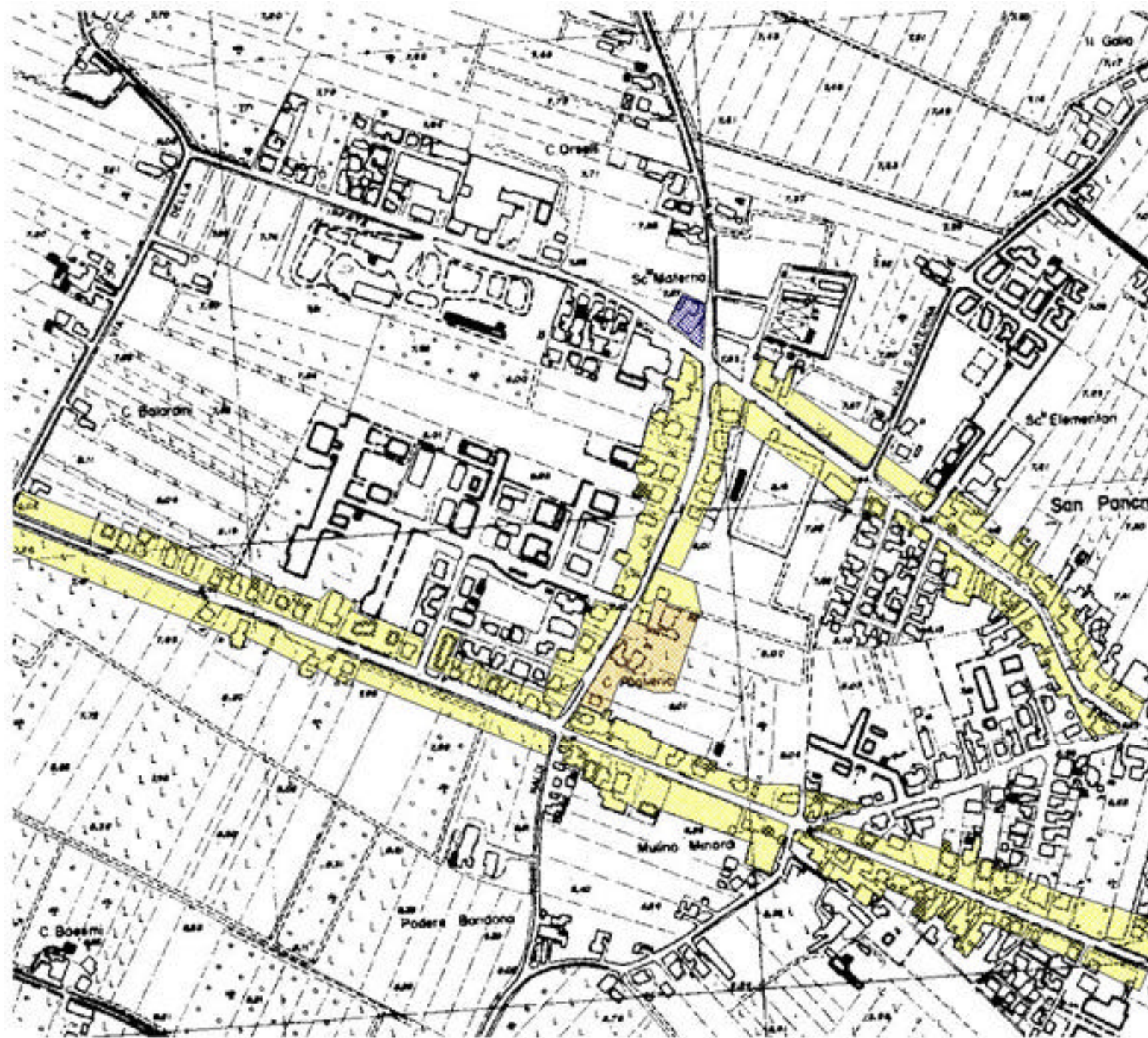


Scala di criticità

-  > 15 dB(A)
-  10 < dB(A) <= 15
-  5 < dB(A) <= 10
-  0 < dB(A) <= 5



TAV. 5c
CARTA DI CONFRONTO
San Pancrazio



Scala di criticità

- > 15 dB(A)
- 10 < dB(A) <= 15
- 5 < dB(A) <= 10
- 0 < dB(A) <= 5

1:4000