

“Inquinamento acustico da traffico stradale urbano. Esperienze di monitoraggio a Pescara”



Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente dell'Abruzzo

TERZA CONFERENZA REGIONALE AMBIENTALE

CHIETI, SALA CONFERENZE AEROPORTO D'ABRUZZO - 17 MARZO 2005

***“Inquinamento acustico da
traffico stradale urbano.
Esperienze di monitoraggio a
Pescara”***

Sergio Palermi - Fisico Collaboratore
A.R.T.A. Abruzzo Dipartimento Prov.le di Pescara

caratteristiche del rumore da traffico stradale

- Il traffico stradale è senz'altro la principale sorgente di rumore in ambito urbano
- Nell'Unione Europea (prima dell'allargamento) si stima che circa 80 milioni di persone (20% del totale) siano soggette a livelli di rumore esterno considerati **inaccettabili (>65 dBA diurni)**. Altri 170 milioni vivono in “aree grigie” in cui i livelli di rumore possono comunque indurre **disturbo (>55 dBA diurni)**. I costi sociali causati dall'inquinamento acustico sono stimati tra 0,2 e 2% del PIL.

caratteristiche del rumore da traffico stradale

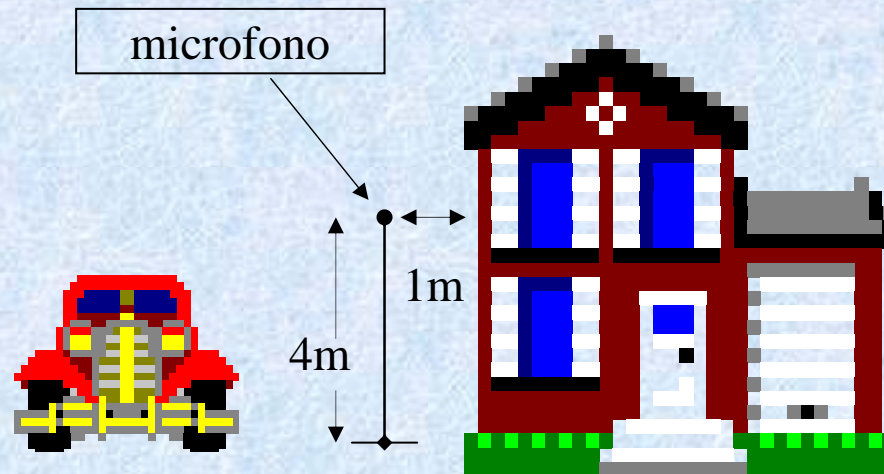
- Il rumore da traffico stradale è un fenomeno **tipicamente variabile** nel tempo, essendo costituito dall'insieme delle emissioni sonore associate al transito dei singoli veicoli
- I veicoli si diversificano, in relazione alla loro rumorosità, per **tipologia** (autovetture, mezzi pesanti, motoveicoli), **età**, **livello di manutenzione**
- Notevole importanza, in relazione alla rumorosità del singolo veicolo, assume anche lo **stile di guida** personale

caratteristiche del rumore da traffico stradale

- Importanti elementi di variabilità sono legati alla **tipologia di flusso veicolare** (scorrevole, congestionato, intermittente), determinata dall'**intensità e dalla velocità del flusso** e dalle **caratteristiche morfologico-funzionali dell'infrastruttura** (numero di corsie, larghezza della carreggiata, presenza di incroci, attraversamenti pedonali etc.)
- altri elementi di variabilità sono connessi alla **tipologia di manto stradale** (asfalto liscio o poroso, pavè etc), alla **pendenza della strada** ed alla **presenza di edifici a ridosso della sede stradale**.

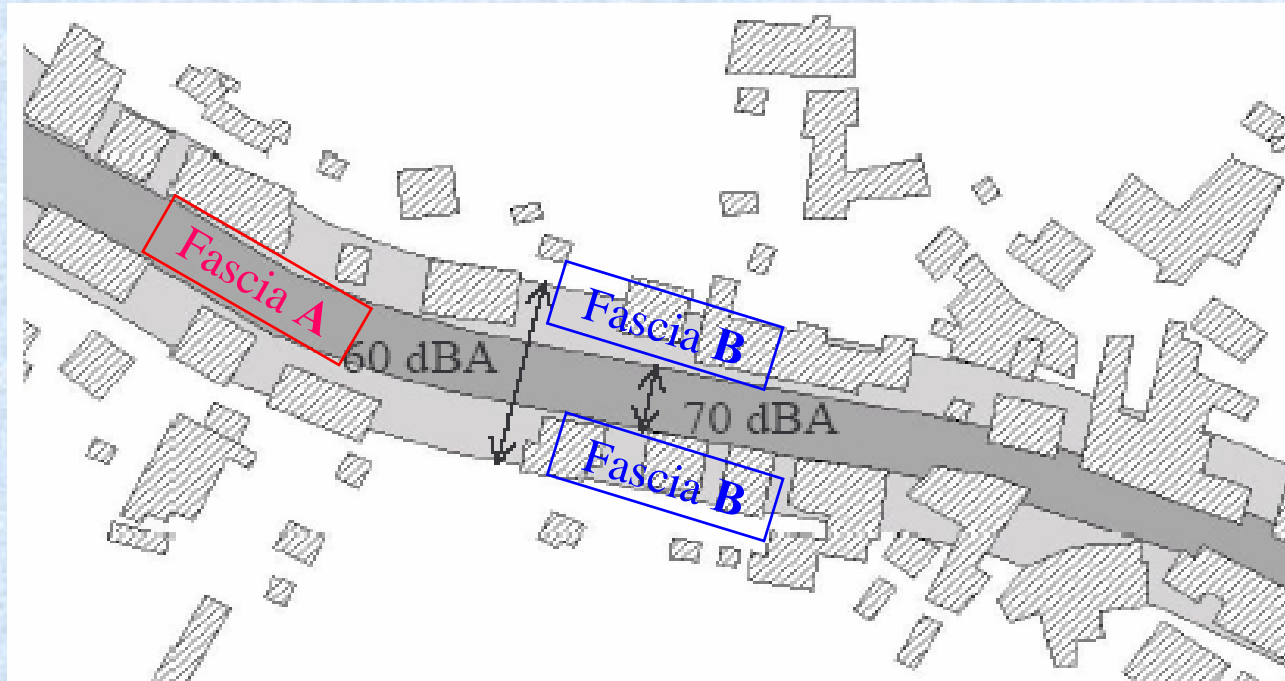
rumore da traffico stradale: quadro normativo

I rilevamenti del rumore prodotto dal traffico stradale sono regolati dalla metodologia descritta nel D.M. 16 marzo 1998 (Allegato C, comma 2), che prescrive **monitoraggi** eseguiti per un **tempo non inferiore ad una settimana**, con il **microfono posto a 4 m dal suolo** ed a **1 m di distanza dalla facciata** degli edifici prospicienti l’infrastruttura stradale.



rumore da traffico stradale: quadro normativo

I valori di livello equivalente L_{Aeq} **medi settimanali** (diurni e notturni) così rilevati, vanno confrontati, all'interno di specifiche **fasce di pertinenza**, con i **valori limite di immissione** stabiliti dal regolamento di esecuzione previsto dall'art. 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447 e di recente emanazione (**DPR n. 142 del 30/03/04** – vedi tabelle seguenti)



rumore da traffico stradale: quadro normativo

strade esistenti (DPR n. 142 del 30/03/04 – all. 1 tab. 2)

<i>tipo di strada</i> (secondo codice della strada D.Leg.vo n. 282 del 30/04/92)	<i>Sottotipo ai fini acustici</i> (secondo norme CNR 1980 e direttive PUT)	<i>Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m)</i>	<i>Valori limite</i> per scuole, ospedali, case di cura e di riposo (dBA)		<i>Valori limite</i> per gli altri ricettori (dBA)	
			<i>Diurno</i>	<i>Notturmo</i>	<i>Diurno</i>	<i>Notturmo</i>
A (autostrada)	...	100 (fascia A)	50	40	70	60
	...	150 (fascia B)			65	55
B (extra urbana principale)	...	100 (fascia A)	50	40	70	60
	...	150 (fascia B)			65	55
C (extra urbana 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

rumore da traffico stradale: quadro normativo **strade esistenti** (DPR n. 142 del 30/03/04 – all. 1 tab. 2)

tipo di strada <i>(secondo codice della strada D.Leg.vo n. 282 del 30/04/92)</i>	Sottotipo ai fini acustici <i>(secondo norme CNR 1980 e direttive PUT)</i>	Ampiezza fascia di pertinenza acustica <i>(m)</i>	Valori limite <i>per scuole, ospedali, case di cura e di riposo (dBA)</i>		Valori limite <i>per gli altri ricettori (dBA)</i>	
			Diurno	Notturmo	Diurno	Notturmo
D (urbane di scorrimento)	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	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				

rumore da traffico stradale: quadro normativo **normativa regionale: DETERMINAZIONE 17.11.2004, n. DF2/188**

Legge 447/95 - art. 6 comma 1: “Sono di competenza dei comuni, secondo le leggi statali e regionali e i rispettivi Statuti:

a) la classificazione del territorio comunale secondo i criteri previsti dall’articolo 4, Comma 1, lettera a) [...]”

Un provvedimento regionale di recente emanazione:

DETERMINAZIONE 17.11.2004, n. DF2/188: ”Approvazione criteri tecnici di zonizzazione acustica L. 447/95” – B.U.R.A. Anno XXXVI - N. 6 (28.01.2005) – **fissa, tra l’altro, i criteri che i Comuni abruzzesi devono adottare per la classificazione acustica delle aree prospicienti le infrastrutture stradali nell’ambito della zonizzazione del territorio comunale.**

Testo redatto con il contributo del Dip. Prov.le di Pescara dell’ARTA

rumore da traffico stradale: quadro normativo

normativa regionale: DETERMINAZIONE 17.11.2004, n. DF2/188

1. AREE ESTERNE AI CENTRI ABITATI

<i>tipo di strada</i> <i>(secondo codice della strada D.Leg.vo n. 282 del 30/04/92)</i>	<i>Ampiezza fascia di prospicienza per lato (m)</i>	<i>Classe acustica (DPCM 14/11/97 tabella A)</i>	<i>Valori limite di immissione (dBA)</i>	
			<i>Diurno</i>	<i>Notturmo</i>
A (autostrada)	100	CLASSE IV (aree di intensa attività umana)	65	55
B (extra urbana principale)				
C (extra urbana secondaria)				

rumore da traffico stradale: quadro normativo

normativa regionale: DETERMINAZIONE 17.11.2004, n. DF2/188

2. AREE INTERNE AI CENTRI ABITATI

<i>tipo di strada</i> <i>(secondo codice della strada D.Leg.vo n. 282 del 30/04/92)</i>	<i>Ampiezza fascia di prospicienza per lato (m)</i>	<i>Classe acustica (DPCM 14/11/97 tabella A)</i>	<i>Valori limite di immissione (dBA)</i>	
			<i>Diurno</i>	<i>Notturmo</i>
A (autostrada)	50	CLASSE IV (aree di intensa attività umana)	65	55
B (extra urbana principale)				
C (extra urbana secondaria)				
D (urbana di scorrimento)				

rumore da traffico stradale: quadro normativo

normativa regionale: DETERMINAZIONE 17.11.2004, n. DF2/188

2. AREE INTERNE AI CENTRI ABITATI (continua)

<i>tipo di strada</i> <small>(secondo codice della strada D.Leg.vo n. 282 del 30/04/92)</small>	<i>Ampiezza fascia di prospicienza per lato (m)</i>	<i>Classe acustica (DPCM 14/11/97 tabella A)</i>	<i>Valori limite di immissione (dBA)</i>	
			<i>Diurno</i>	<i>Notturmo</i>
E (strada urbana di quartiere)	30	CLASSE III (aree di tipo misto)	60	50
F (strada locale)				

rumore da traffico stradale: quadro normativo normativa europea: Direttiva 2002/49/CE

Obiettivo: definire un approccio comune volto ad evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi, compreso il fastidio, dell'esposizione al **rumore ambientale** (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), attraverso la **mappatura acustica**.

I rilievi fonometrici dovranno essere effettuati ponendo il microfono a **4 m** dal suolo e a **2 m** dalla facciata dell'edificio e non dovrà essere considerato il contributo dell'energia sonora riflessa dalla facciata.

I descrittori acustici comuni da utilizzare sono L_{den} per la determinazione del **fastidio** e L_{night} per i **disturbi del sonno**, da adottarsi entro il 2005.

Entro il 2007 vanno elaborate le **mappe acustiche strategiche**, che dovranno essere rese **disponibili e divulgate al pubblico**

rumore da traffico stradale: Pescara

Pescara, città ad alta densità abitativa e forte vocazione turistico - commerciale, fulcro di una vasta area metropolitana extracomunale con la quale scambia giornalmente intensi flussi veicolari, **convive da sempre con elevati livelli di inquinamento acustico da traffico stradale**

Indagini condotte negli anni 70, la ponevano ai vertici nazionali nella graduatoria delle città più rumorose.


Il miglioramento del quadro infrastrutturale, con lo spostamento della linea ferroviaria e la realizzazione dell'Asse Attrezzato e della Circonvallazione della S.S. n. 16, **ha consentito, nel decennio successivo**, unitamente alla riduzione dei livelli di emissione acustica dei veicoli circolanti, **un sensibile decremento della rumorosità nel centro cittadino rimasta, peraltro, su livelli elevati.**

rumore da traffico stradale: Pescara

Il nostro monitoraggio ha inteso colmare la carenza di studi sistematici recenti sul rumore da traffico stradale a Pescara, proponendosi quale **momento preliminare di studio** volto, principalmente, alla **caratterizzazione del rumore da traffico veicolare lungo gli assi viari di maggiore rilevanza nel contesto urbano** (fatta esclusione degli assi di scorrimento veloce quale l'Asse Attrezzato e la Circonvallazione).

rumore da traffico stradale: Pescara

Il passo successivo consisterà nel monitoraggio capillare di tutta l'area metropolitana (compresi i comuni di Montesilvano, Spoltore e Città S. Angelo), condotto in piena aderenza alle richieste della normativa vigente, **che sarà reso possibile dalla disponibilità di risorse strumentali adeguate**, la cui acquisizione è legata all'espletamento di una **gara di appalto** prossima ad essere bandita da parte della **Provincia di Pescara**, sulla base di un **progetto** e di uno schema di capitolato redatti da ARTA Abruzzo

- 
- **laboratorio mobile (furgone) attrezzato per rilievi fonometrici**
 - **4 stazioni di monitoraggio semipermanenti**
 - **8 centraline di monitoraggio rilocabili**
 - **software di previsione dei livelli sonori in ambiente esterno**

rumore da traffico stradale: Pescara

Pescara è una città il cui sviluppo urbanistico si è realizzato in prevalenza parallelamente alla linea di costa, entro i confini che la separano da Montesilvano (a Nord) e Francavilla (a sud).

Una direttrice secondaria di sviluppo è riscontrabile in direzione mare-monti (nord-est → sud-ovest), in particolare nella zona centrale dell’abitato ai lati del corso del fiume Pescara, verso i confini con il territorio dei comuni di Spoltore e San Giovanni Teatino.

Lungo le due principali direttrici di sviluppo urbanistico sono stati individuati alcuni **assi viari principali**, sui quali prevalentemente si indirizza il **traffico veicolare di penetrazione ed attraversamento** della città.

rumore da traffico stradale: Pescara

Ogni asse viario è stato suddiviso in **archi omogenei** dal punto di vista delle caratteristiche legate sia alla **morfologia dell'infrastruttura** (n. di corsie, pendenza, presenza ed altezza degli edifici sui lati, tipo e stato della pavimentazione ecc.) sia all'entità ed alla tipologia dei **flussi di traffico**.

All'interno di ogni arco omogeneo è stato eseguito almeno un **rilevo fonometrico** accompagnato dal **conteggio contestuale dei transiti veicolari suddivisi per categoria** (veicoli leggeri, pesanti, ciclomotori/motocicli) e dal rilievo dei parametri geometrico - morfologici del sito di misura.

rumore da traffico stradale: Pescara

Criteri per la scelta dei punti in cui effettuare i rilievi :

- Presenza di edifici (ricettori) in prossimità della strada, ad una distanza dalla linea di flusso veicolare rappresentativa della situazione media sull'arco considerato**
- Ridotta influenza di altre sorgenti sonore diverse dal traffico veicolare sulla strada in esame (p.es. cantieri)**
- Distanza sufficiente (almeno 70 – 80 m) da incroci con altre strade**
- Condizioni di flusso veicolare scorrevole, con numero ridotto di veicoli in fase di accelerazione o decelerazione**

rumore da traffico stradale: Pescara

Criteri per la scelta dei punti in cui effettuare i rilievi :

- Assenza di ostacoli tra il fonometro e la linea di flusso veicolare (macchine parcheggiate, cassonetti, cabine etc.)**
- Pendenza longitudinale nulla o comunque inferiore al 2%**
- Stato del manto stradale accettabile, quantomeno privo di discontinuità ed irregolarità evidenti (buche etc.)**
- Sufficiente distanza da fermate di autobus (almeno 70 – 80 m).**

rumore da traffico stradale: Pescara

Posizionamento del microfono del fonometro

Il microfono è stato posto su cavalletto a 1,5 dal piano di calpestio e a 1 m di distanza dalla facciata degli edifici a filo della sede stradale, ovvero a 1 m di distanza dalla perimetrazione esterna degli stessi nel caso di edifici con distacco dalla sede stradale.

L'altezza scelta non è conforme al dettato normativo (4 m), tuttavia si è trattato di una scelta tecnica obbligata e comunque non infrequente negli studi simili al nostro, anche a livello internazionale.

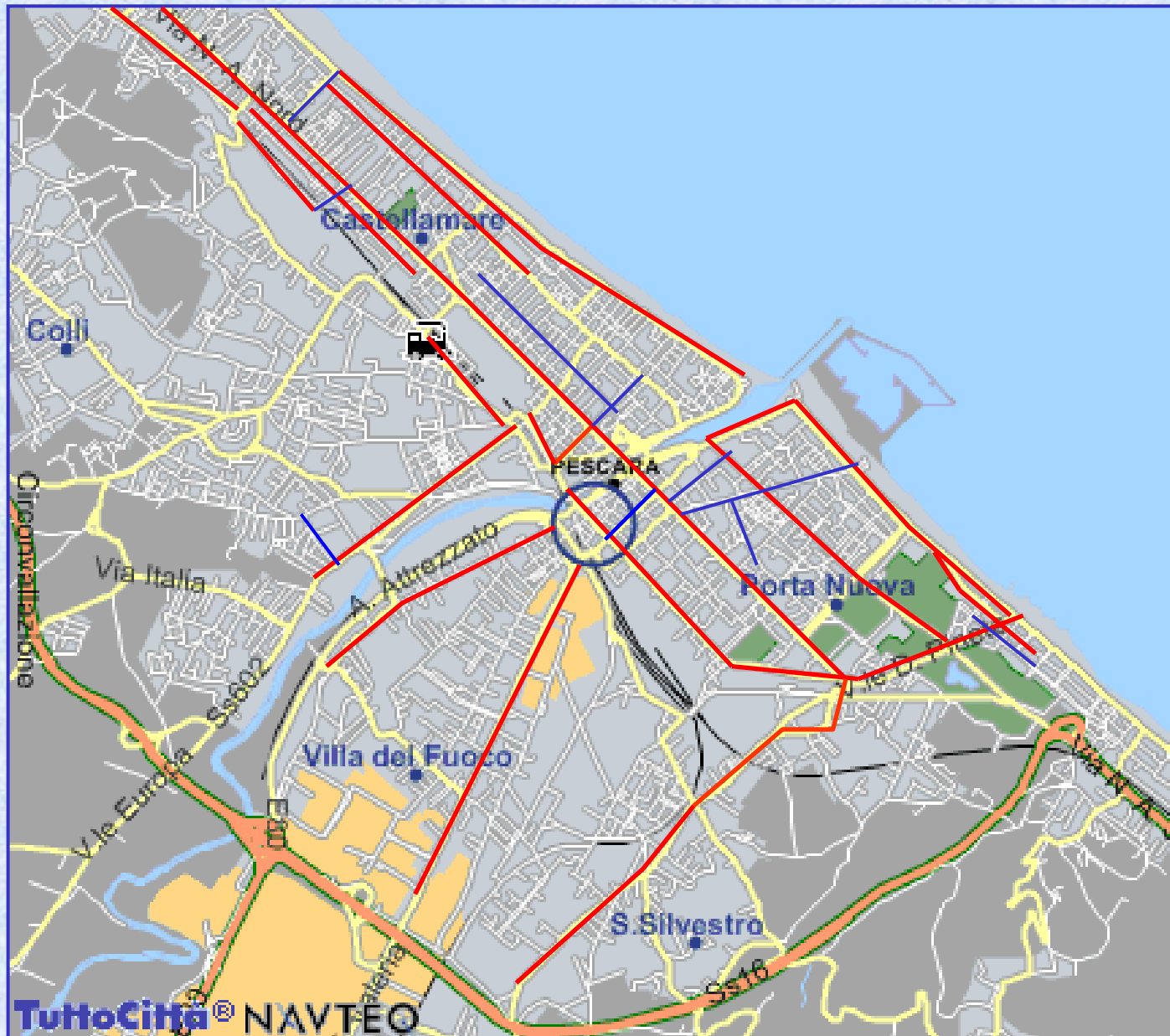
rumore da traffico stradale: Pescara

Campionamento temporale

Le misure sono state svolte nei **giorni feriali**, escludendo, in funzione della zona indagata, quelle giornate caratterizzate da eventi particolari (mercati rionali, manifestazioni etc.). La **fascia oraria** presa in esame è quella tra le **9** e le **12**, **considerata rappresentativa della situazione media del rumore da traffico stradale sul tempo di riferimento diurno (06-22)**.

L'estensione temporale dei rilievi è compresa tra **15** e **20 minuti**, durate tipiche nelle tecniche di campionamento basate su rilievi brevi, comunque sufficienti a fornire un dato significativo del rumore per flussi veicolari non particolarmente bassi (>200 veic/h).

“Inquinamento acustico da traffico stradale urbano. Esperienze di monitoraggio a Pescara”



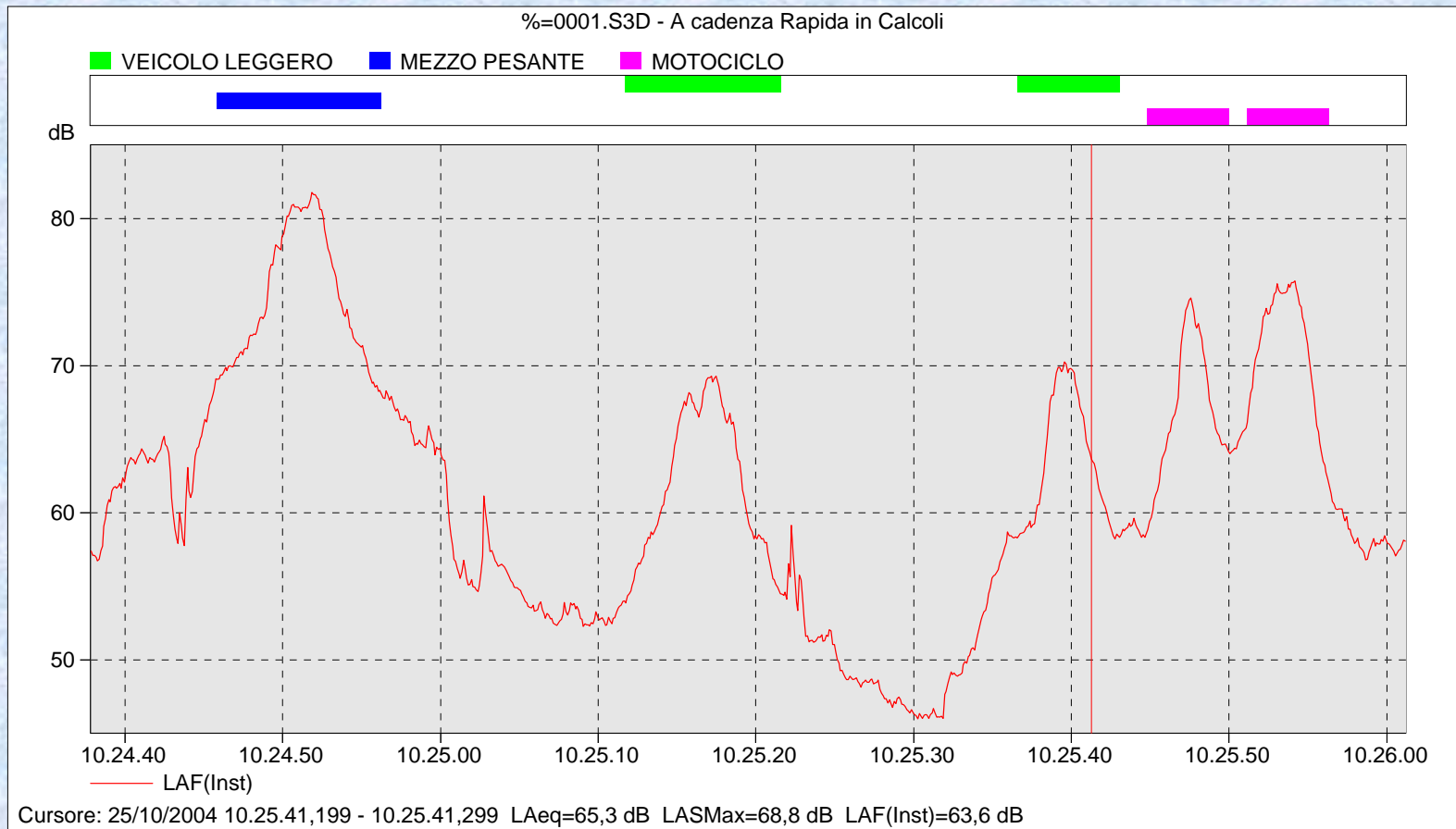
- **Asse più interno:** VIALE PINDARO – VIALE G. D’ANNUNZIO – PIAZZA GARIBALDI - VIA DE GASPERI – VIA FERRARI – VIA RAFFAELLO – VIA CARAVAGGIO (17 rilievi)
- **Asse mediano:** VIALE PINETA - VIALE MARCONI – CORSO VITTORIO EMANUELE II - VIALE BOVIO - VIA NAZ. ADRIATICA NORD – CORSO VITTORIO EMANUELE II - VIALE BOVIO - VIA NAZ. ADRIATICA NORD (30 rilievi)
- **Asse costiero:** VIALE RIVIERA NORD – V.LE R. MARGHERITA – VIALE KENNEDY - LUNGOMARE MATTEOTTI – VIA A. DORIA - LUNGOMARE C. COLOMBO/LUNGOMARE PAPA GIOVANNI XXIII – VIA BARDET – VIA D’AVALOS -VIALE DE NARDIS – VIA P. VERE – VIA L. D’ANNUNZIO (22 rilievi)

- VIA DEL CIRCUITO - VIA CADUTA DEL FORTE - VIA TIRINO
- VIA TIBURTINA - VIA ATERNO

—	VIA FIRENZE	- VIA B. CROCE	- VIA VESPUCCI	- VIA VENEZIA
—	VIA DE CECCO	- VIA DONATELLO	- VIA CAVOUR	- VIA CONTE DI RUVO
—	VIA A. DI VESTEA	- VIA PIAN DELLE MELE		

analisi energetica dei transiti veicolari (SEL)

sono stati analizzati i profili temporali relativi ad un campione di 1700 transiti veicolari registrati su varie strade, distinti per tipologia di veicolo (leggero – pesante – motoveicolo) calcolando il livello normalizzato di energia sonora (**SEL**) di ciascun transito



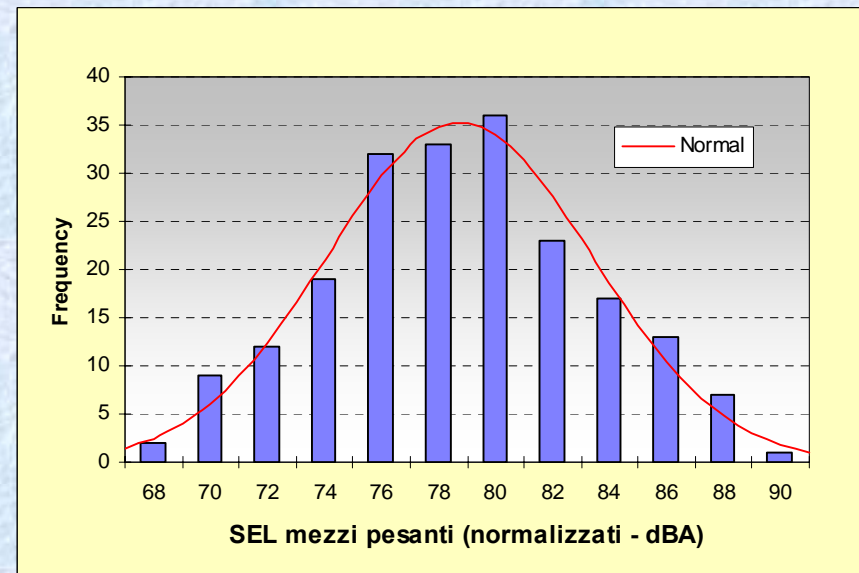
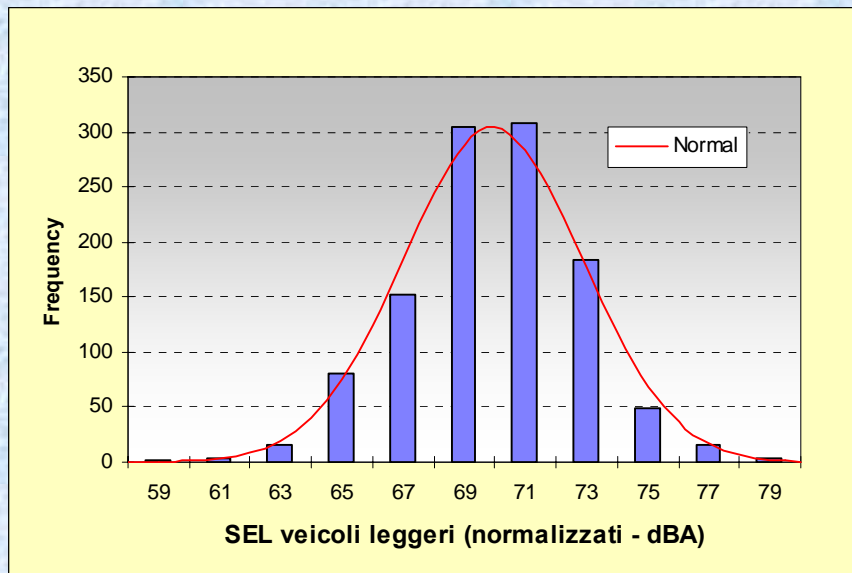
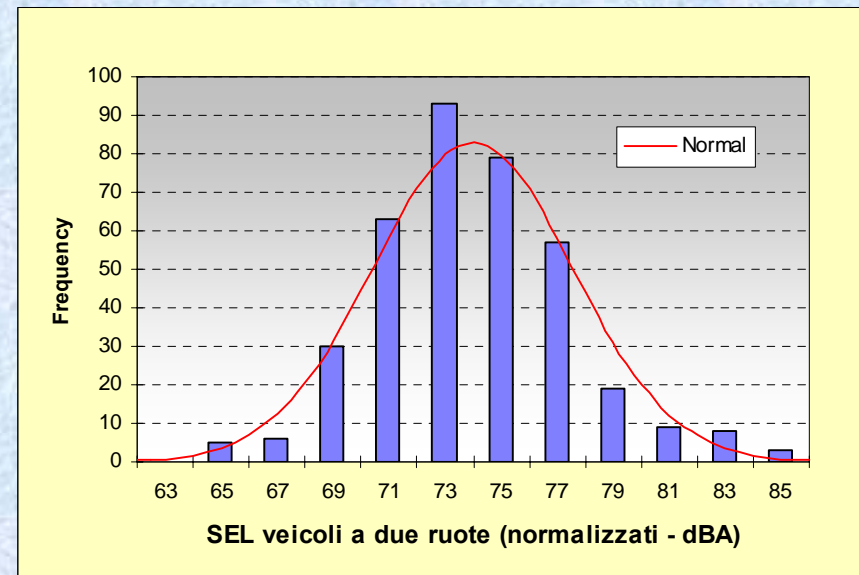
analisi energetica dei transiti veicolari (SEL)

Le distribuzioni dei SEL rilevati risultano, con buona approssimazione, gaussiane (test di Kolmogorov - Smirnov) per ciascuna tipologia di veicoli.

Veicoli Leggeri: $\mu_l = 69,9$; $\sigma_l = 2,9$ dBA

Motoveicoli: $\mu_m = 78,6$; $\sigma_m = 3,4$ dBA

Mezzi pesanti: $\mu_p = 73,9$; $\sigma_p = 4,6$ dBA



analisi energetica dei transiti veicolari (SEL)

Dai valori medi dei SEL μ_l , μ_m , μ_p è possibile calcolare i **fattori di equivalenza acustica** di mezzi pesanti (**p**) e motoveicoli (**m**) rispetto ai veicoli leggeri

$$p = 10^{(\mu_p - \mu_l)/10} = 7,5$$

$$m = 10^{(\mu_m - \mu_l)/10} = 2,5$$

Vale a dire che, mediamente, **il transito di un mezzo pesante equivale**, in termini di energia sonora, **al transito di 7,5 veicoli leggeri** (autovetture/furgoni leggeri), mentre **il transito di un motoveicolo equivale al transito di 2,5 veicoli leggeri**. È possibile allora introdurre la grandezza **“flusso orario veicolare equivalente”**

$$Q_{eq} = Q_l + pQ_p + mQ_m$$

Dove Q_l , Q_p , Q_m rappresentano i flussi orari, rispettivamente, di veicoli leggeri, pesanti e motocicli

Risultati delle misure – statistica complessiva

variabile	n. totale archi stradali	Media	Deviaz. standard	Errore standard della media	Mediana	Min	Max
LAeq (dBA)	39	67,2	3,7	0,59	66,7	57,0	72,9
Q _T (veic/h)	39	973	502	80	938	126	2337
Q _{eq} (veic/h)	39	1375	719	115	1287	144	3423

Su ogni asse viario sono stati individuati **archi stradali omogenei** sulla base dei livelli di rumore e dei flussi di traffico osservati. Ad ogni arco stradale sono stati associati le medie dei livelli equivalente di rumore (**LAeq**) e dei valori di flusso veicolare (**Q_T**, **Q_{eq}**) rilevati nei vari siti di misura appartenenti all'arco considerato.

ricerca di gruppi omogenei con tecniche di clustering

Abbiamo cercato di organizzare i **39 archi stradali** in **gruppi omogenei**, allo scopo di individuare aggregazioni significative in ordine ai seguenti parametri:

- **parametri di flusso veicolare (intensità e tipologia)**
- **caratteristiche morfologiche e tipologiche dell'arco stradale**
- **collocazione all'interno di itinerari preferenziali**

L'individuazione dei gruppi omogenei può essere condotta mediante tecniche che consentono di assegnare ciascuno degli n casi (archi stradali) ad uno solo tra k gruppi (*cluster*), affinché risulti **massimizzata la similarità** (o **minimizzata la “distanza”**, in un'accezione squisitamente tecnica) **tra i membri di ciascun gruppo e, contemporaneamente, massimizzata la distanza tra gruppi.**]

ricerca di gruppi omogenei con tecniche di clustering

Tra i vari tentativi di raggruppamento esperiti, il più interessante è basato sulla **tecnica di *partition based clustering* nota come *k-means***, applicata alle variabili **L_{Aeq} e $\log(Q_{eq})$** e con un **numero ipotizzato di gruppi $k = 4$** (un numero maggiore produce un'eccessiva asimmetria nel numero di elementi assegnati ai vari gruppi). Nelle tabelle che seguono riportiamo l'elenco degli archi stradali appartenenti a ciascun gruppo e le statistiche descrittive per le variabili di interesse. Notiamo che l'ordine dei gruppi è tale che il primo (G-1) **contiene gli archi stradali più rumorosi e trafficati**, mentre all'ultimo (G-4) **appartengono le strade più “tranquille”**.

ricerca di gruppi omogenei con tecniche di clustering

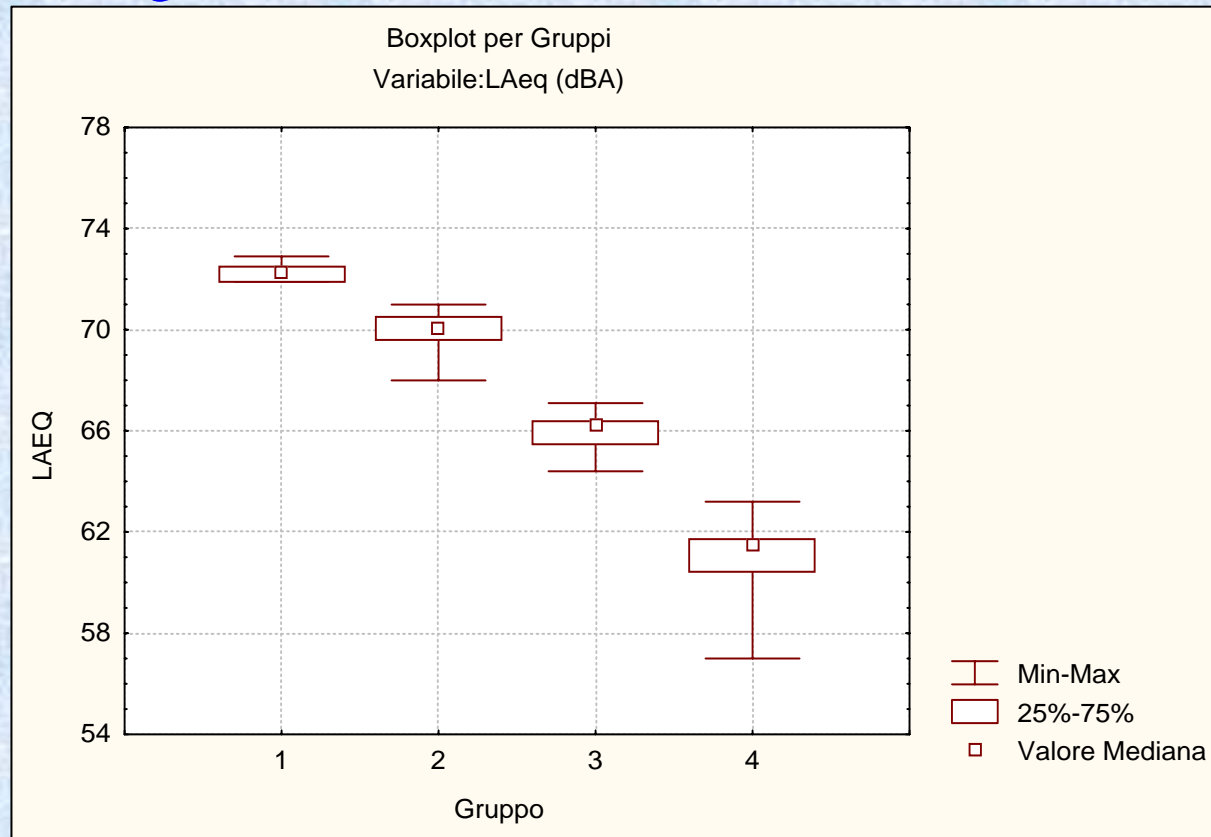
<i>Id. gruppo</i>	<i>archi stradali appartenenti al gruppo</i>			<i>Medie di gruppo</i>	
G-1	C.so Vittorio Emanuele	Via Ferrari	Via Caduta del Forte	LAeq (dBA)	72,3
	Via G.D'Annunzio nord – p.zza Garibaldi	Via Del Circuito	...	Q_{eq} (veic/h)	2343
G-2	Viale Pineta	Viale Bovio	Via De Gasperi	LAeq (dBA)	69,9
	Viale Marconi centro (da via Italica fino ad incrocio con via Tibullo)	Via Nazionale Adriatica Nord	Via Tiburtina		
	Viale Marconi nord (da ponte Risorgimento fino ad incrocio con via Italica)	Via Caravaggio nord	Via Aterno	Q_{eq} (veic/h)	1719
	Via Bardet – Via D'Avalos	Via Conte di Ruvo	Via Tirino		

ricerca di gruppi omogenei con tecniche di clustering

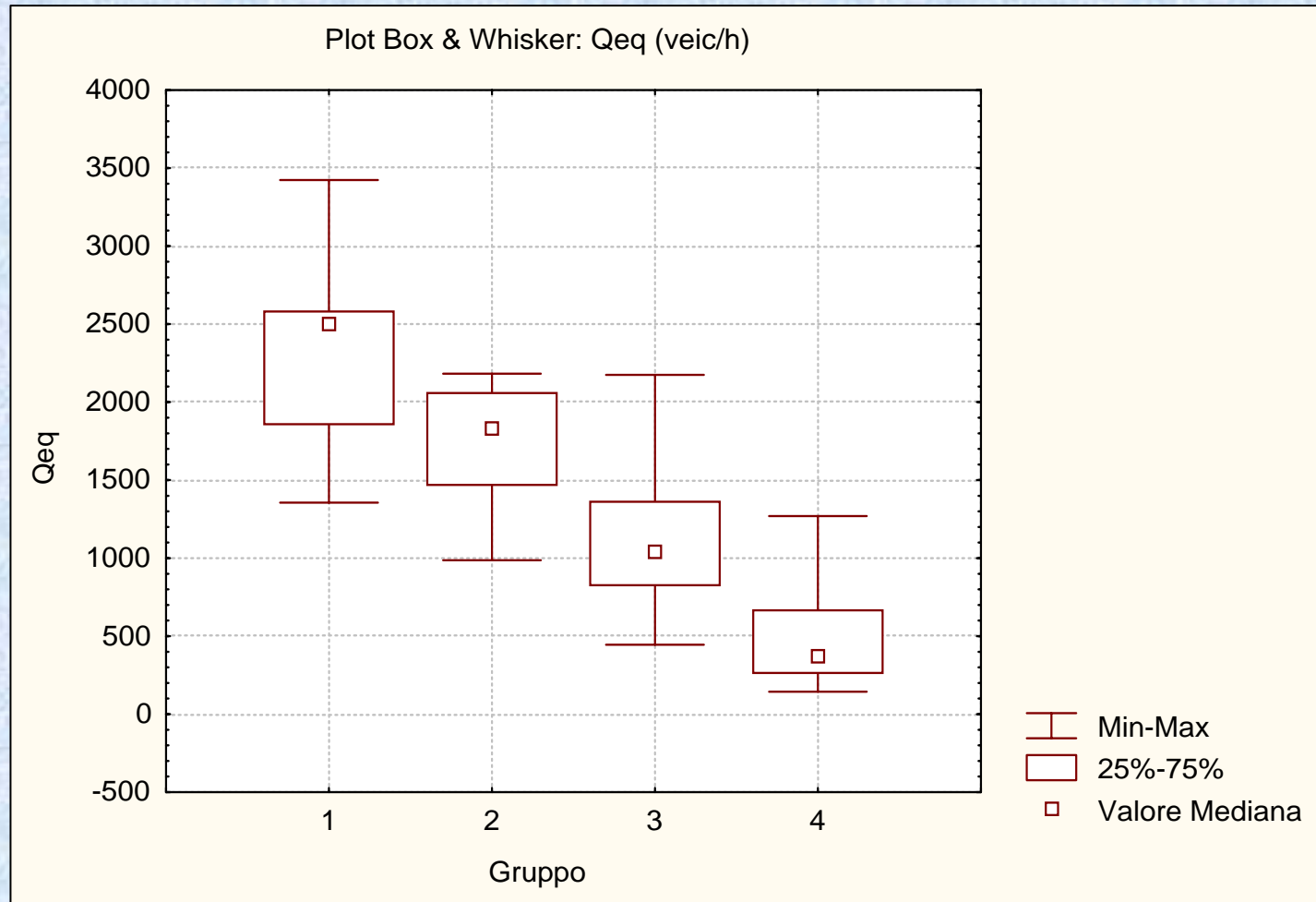
Id. gruppo	archi stradali appartenenti al gruppo			Medie di gruppo	
G-3	Viale Pindaro	Via L. D'Annunzio	Via Pian Delle Mele	LAeq (dBA)	66,0
	Via G. D'Annunzio sud (da p.zza Ovidio fino a incrocio con via Sallustio)	Via Caravaggio sud (tra v. Donatello e v. Tiepolo)	Via Cavour		
	Via Raffaello sud	Viale Marconi sud (da via Tibullo fino ad incrocio con viale Pindaro)	Via A. Doria		
	Via Raffaello nord	Lungomare Matteotti – Viale Riviera (da p.zza I Maggio fino incrocio con v. Cavour)	Via Vespucci	Q_{eq} (veic/h)	1136
	Piazza Duca D'Aosta	Via R.Margherita – Viale Kennedy	Via P.Vere - Via De Nardis		
G-4	Viale C.Colombo	Via Di Vestea	Via P. De Cecco	LAeq (dBA)	60,9
	Via Venezia	Via B.Croce nord (tra v. Vespucci e v. Spaventa)	Via Donatello	Q_{eq} (veic/h)	515

ricerca di gruppi omogenei con tecniche di clustering

L'applicazione di test statistici non parametrici (H-Test di Kruskal-Wallis, Test di Dunn) ha consentito di verificare l'effettiva differenziazione tra i vari gruppi individuati (molto ben visibile anche graficamente):



ricerca di gruppi omogenei con tecniche di clustering



Confronto con i valori limite di legge

La questione del confronto con i valori limite della normativa vigente è, come anticipato in premessa, alquanto complessa, sia per il tipo di rilievi effettuati (basati su tempi di misura brevi e dunque inadatti ad una verifica “fiscale”), sia per l’assenza di riferimenti stabiliti a livello comunale (in sede di **classificazione delle strade e di zonizzazione acustica**). I valori limite proposti, pertanto, hanno solo l’intento, puramente indicativo, di fissare un quadro di riferimento utile all’interpretazione dei livelli di rumorosità osservati:

1. **“strade di urbane di scorrimento”** (tipo Db ai sensi del DPR 142/2004) – **limite diurno pari a 65 dBA**
2. **“strade di quartiere”**, per le quali i limiti applicabili sarebbero quelli della zonizzazione acustica comunale: **65 dBA (classe IV) – 60 dBA (classe III) – 55 dBA (classe II)**

Confronto con i valori limite di legge

Risultati delle misure

1. “strade di urbane di scorrimento” (tipo Db ai sensi del DPR 142/2004) e “strade di quartiere” poste in classe IV:
26 archi stradali – limite diurno di 65 dBA superato in 24 casi (92%)

2. “strade di quartiere” poste in classe III
13 archi stradali – limite diurno di 60 dBA superato in 11 casi (85%)

Ribadiamo che si tratta di un confronto solo indicativo e che sarebbe improprio trarre conclusioni affrettate

Modelli di previsione dei livelli sonori da traffico stradale

Similmente a quanto è stato fatto in altri contesti urbani, abbiamo utilizzato il set di dati a nostra disposizione per elaborare alcuni semplici modelli matematici di previsione dei livelli sonori generati dal traffico, in prossimità della sede stradale, utilizzando le note tecniche di regressione lineare multivariata. La forma generale dei modelli è la seguente:

$$LA_{eq_h}(Q_{eq}, r) = A + B \log(Q_{eq}) + C \log(r) + D(r, d_1, d_2)$$

Dove:

LA_{eq_h} : livello sonoro equivalente su base oraria

$Q_{eq} = Q_l + 7,5Q_p + 2,5Q_m$ flusso veicolare equivalente orario

r : distanza del punto di valutazione dalla linea di flusso veicolare più vicina

d_1, d_2 : distanze del punto di valutazione dalla facciata dell'edificio retrostante (d_1) e da quella dell'edificio posto al di là della strada (d_2)

Modelli di previsione dei livelli sonori da traffico stradale

Le tecniche di **regressione lineare** dei dati forniscono i valori delle costanti A, B e C, mentre D è una funzione dei parametri geometrici della strada e viene calcolata a parte sulla base di semplici ipotesi di acustica geometrica

$$R = 0,95; R^2 = 0,90; \\ \varepsilon = 1,3 \text{ dBA}; F = 375$$

Modello per strade a “U”

$$LA_{eq_h}(Q_{eq}, r) = 43,3 + 10,6 \log(Q_{eq}) - 12,8 \log(r) + \\ 10 \log \{1 + 0,8 r [1/(r + 2d_1) + 1/(2d_2 - r)]\}$$

Modello per strade a “L”

$$LA_{eq_h}(Q_{eq}, r) = 43,7 + 10,5 \log(Q_{eq}) - 12,2 \log(r) + \\ 10 \log \{1 + 0,8 r [1/(r + 2d_1)]\}$$

Modello generico per ogni tipo di strada

$$LA_{eq_h}(Q_{eq}, r) = 43,1 + 10,7 \log(Q_{eq}) - 10,5 \log(r)$$

Modelli di previsione dei livelli sonori da traffico stradale

Condizioni di applicabilità ottimale dei modelli

Ridotta influenza di altre sorgenti sonore diverse dal traffico veicolare sulla strada in esame

Distanza sufficiente (almeno 70 – 80 m) **da incroci con altre strade**

Condizioni di flusso veicolare scorrevole, con numero ridotto di veicoli in fase di accelerazione o decelerazione

Pendenza longitudinale nulla o comunque inferiore al 2%

- **Stato del manto stradale accettabile**, quantomeno privo di discontinuità ed irregolarità evidenti (buche etc.)

- **Sufficiente distanza da fermate di autobus** (almeno 70 – 80 m).

Conclusioni – sviluppi futuri

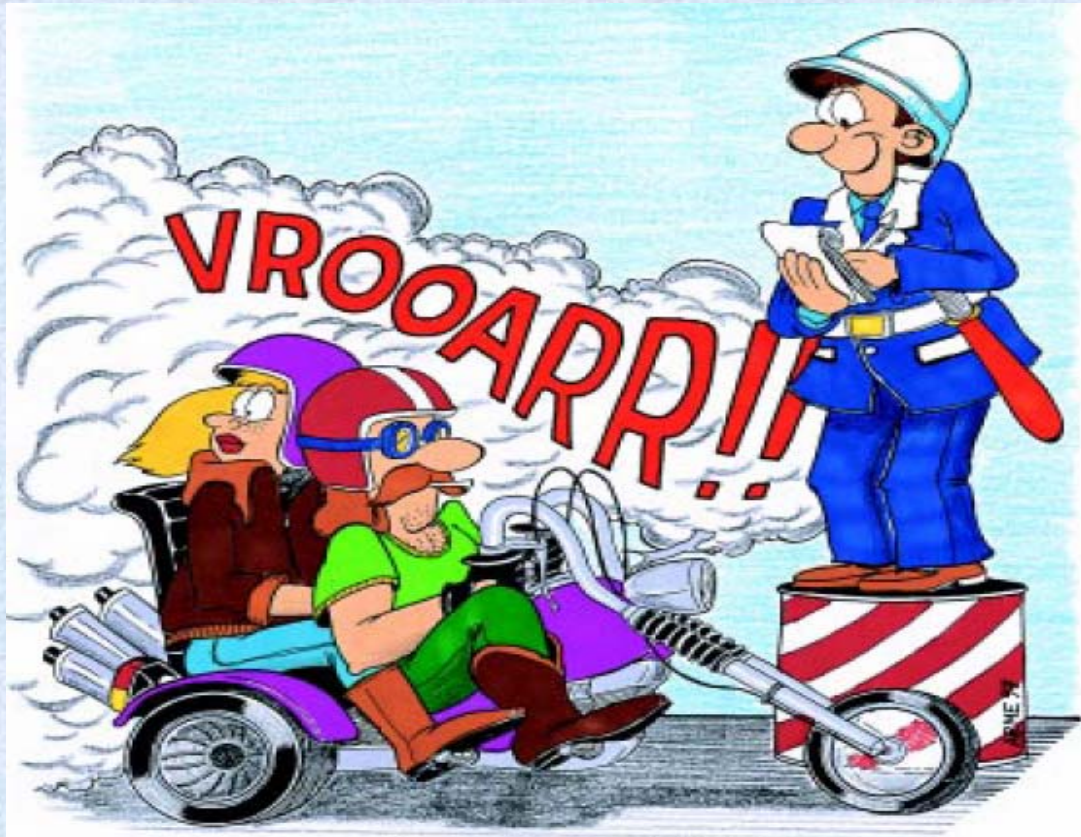
Con questo lavoro il Settore Fisico del Dipartimento Provinciale ARTA di Pescara ha inteso fornire un contributo allo studio della qualità ambientale nella città di Pescara, avviando un'indagine sistematica sul **rumore da traffico stradale urbano**. L'esperienza maturata nel corso del presente lavoro si rivelerà senz'altro preziosa nel momento in cui ARTA Abruzzo avrà a disposizione gli strumenti per configurare una vera e propria **rete di monitoraggio del rumore urbano**, idonea all'esecuzione di campagne di misura finalizzate alla **mappatura acustica** della città e della sua area urbana extracomunale (Montesilvano, Spoltore, Città S. Angelo)

Conclusioni – sviluppi futuri

Auspichiamo l'avvio di una stretta e proficua collaborazione tra il Comune di Pescara, gli altri Comuni citati e ARTA, affinché le **future campagne di monitoraggio** siano pianificate e realizzate nella maniera più efficace ed idonea ad individuare i **fattori di criticità acustica della viabilità urbana**.

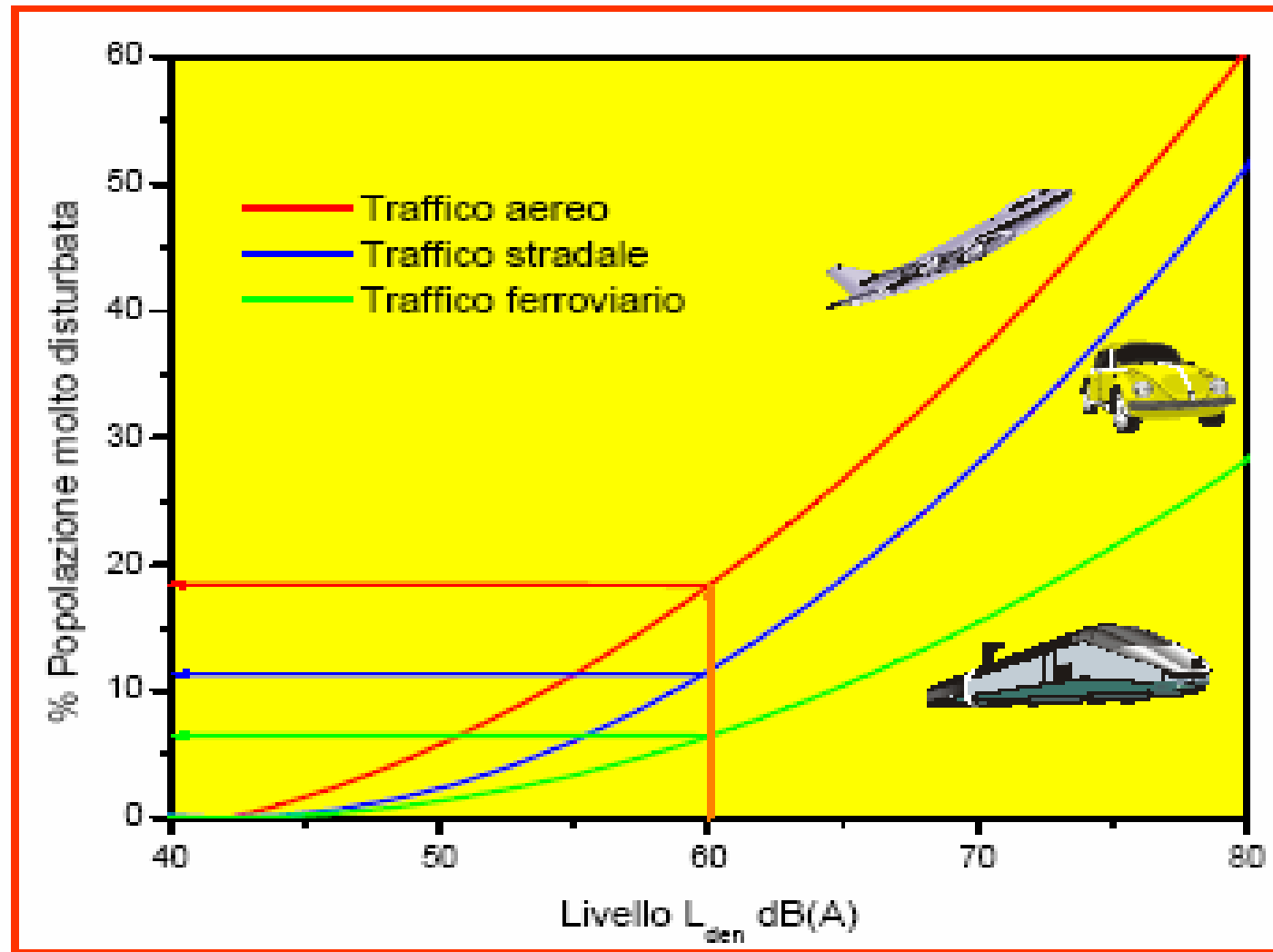
Riteniamo doveroso, infine, sollecitare tutte le amministrazioni comunali abruzzesi alla definizione degli strumenti di gestione di tutta la complessa problematica connessa all'inquinamento acustico, a cominciare dalla **classificazione acustica del territorio**, che dovrà risultare coerente con la **pianificazione dei flussi veicolari** e, in generale, della **mobilità urbana**.

Grazie per l'attenzione



caratteristiche del rumore da traffico stradale

relazione dose (livello di rumore) – effetto (disturbo)



Zonizzazione acustica del territorio comunale **obiettivo:**

prevenire il deterioramento di zone non inquinate e di fornire un indispensabile strumento di pianificazione, di prevenzione e di risanamento dello sviluppo urbanistico, commerciale, artigianale e industriale

Fondamentale che venga coordinata con il PRG, anche come sua parte integrante e qualificante, e con gli altri strumenti di pianificazione di cui i Comuni devono dotarsi (quale il Piano Urbano del Traffico - PUT).

Indispensabile emanazione di LEGGI REGIONALI

Zonizzazione acustica del territorio comunale

In mancanza della Legge regionale, si possono utilizzare le linee guida emanate dall'**ANPA** (ora **APAT**)

ELABORATO FINALE

- cartografia di scala opportuna, con la suddivisione del territorio nelle zone definite dalla legge 447/95
- relazione tecnica descrittiva.

SCALE DI RAPPRESENTAZIONE

1:10.000 per tutto il territorio comunale
1:5.000 o anche 1:2.000 solo per le parti più densamente urbanizzate o per piccoli Comuni.

Criteri generali per la zonizzazione

- ✓ **Zonizzare tutto il territorio comunale**
- ✓ **In ogni porzione del territorio devono essere garantiti livelli di inquinamento acustico compatibili con le attività umane in essa svolte, tenendo conto dello stato di fruizione effettiva del territorio e garantendo l'adeguatezza del clima acustico anche per le attività che in futuro si insedieranno nelle diverse aree del territorio**
- ✓ **Evitare l'eccessiva frammentazione del territorio in microzone ed il contatto di zone appartenenti a classi non contigue (con differenza tra i valori limite > 5 dB)**

Criteri generali per la zonizzazione

- ✓ Individuare le aree dove ospitare le **manifestazioni temporanee all'aperto** (concerti, luna-park, feste etc.)
- ✓ I comuni a **forte vocazione turistica** possono prendere in considerazione l'adozione di una **zonizzazione specifica per il periodo turistico**

Procedura operativa per la zonizzazione

- ✓ Analisi critica degli strumenti urbanistici vigenti ed in itinere
- ✓ Individuazione **ricettori sensibili** (ospedali, scuole etc) e zone da sottoporre a maggior tutela → **CLASSE I**
- ✓ Individuazione delle zone prevalentemente o esclusivamente industriali (zone F dei PRG) → **CLASSE V - VI**

Procedura operativa per la zonizzazione

- ✓ **Analisi e classificazione delle infrastrutture di trasporto esistenti e di quelle eventualmente in progetto**
- ✓ **Analisi del restante territorio comunale al fine di dare una valutazione qualitativa / quantitativa dei seguenti parametri:**
 - Densità della popolazione**
 - Densità di attività commerciali o di uffici**
 - Densità di attività artigianali e di piccole industrie**
 - Volumi di traffico stradale**
- ✓ **Al termine di tali analisi, corredate eventualmente da rapide campagne di misure fonometriche (ricevitore - orientate o sorgente – orientate) si possono definire le classi intermedie**
→ **CLASSI II, III, IV**

Monitoraggio del rumore urbano

Notevole complessità del campo acustico nelle aree urbane
(distribuzione sorgenti, riflessioni, diffrazioni etc)

Sorgenti di rumore in ambiente urbano

- Traffico stradale
- Traffico ferroviario
- Traffico aeroportuale
- Altre infrastrutture di trasporto
- Sorgenti sonore specifiche (attività produttive, condizionatori etc.)

Monitoraggio del rumore urbano

La caratterizzazione acustica di un'area urbana richiede una vera e propria **progettazione** di campagne di monitoraggio fonometrico

Fasi di progettazione di una campagna di misure

- Studio preliminare dell'area oggetto di indagine, mediante l'analisi della cartografia ed opportuni sopralluoghi
- Caratterizzazione del tipo di sorgenti acustiche prevalenti nell' area e stima dei livelli di emissione con misure sorgente-orientate
- Individuazione dei ricettori (punti di misura), presso gli edifici presumibilmente più disturbati ovvero per campionamento spaziale casuale/stratificato
- Scelta delle grandezze acustiche da rilevare in funzione delle caratteristiche delle sorgenti e definizione dei tempi di misura

Monitoraggio del rumore urbano

Fasi di esecuzione delle misure ed elaborazione dati

- Esecuzione delle misure
- Elaborazione dati e presentazione dei risultati su opportune mappe con diverse scale cromatiche (secondo UNI 9884), anche mediante l'ausilio di modelli
- Individuazione delle zone di “sofferenza acustica” (superamento dei limiti di attenzione) da sottoporre a risanamento

Piani di Risanamento Acustico

Legge Quadro

Art. 7

Quando?

- **IN CASO DI SUPERAMENTO DEI LIMITI DI ATTENZIONE**
- **IN CASO DI CONTIGUITA' DI AREE CON SCARTI NEI LIVELLI DI RUMORE SUPERIORI A 5 dBA.**

Costituiscono **limiti di attenzione** quei valori che uguagliano, per una durata di **un'ora**, i valori limite di immissione aumentati di **10 dBA** per il periodo **diurno** e di **5 dB** per il periodo **notturno**, oppure gli stessi valori limite di immissione se rapportati ad una durata pari ai tempi di riferimento.

Piani di Risanamento Acustico

Legge Quadro

Art. 7

I Piani di Risanamento sono approvati dal consiglio comunale e recepiscono il contenuto dei piani di cui all'articolo 3, comma 1, lettera i), e all'articolo 10, comma 5.

Contenuti del piano di risanamento acustico comunale

Relazione biennale

Art. 4 comma 2

(PIANO REGIONALE TRIENNALE)

Art. 6 comma 1, lettera c

(COMPETENZA DEI COMUNI)

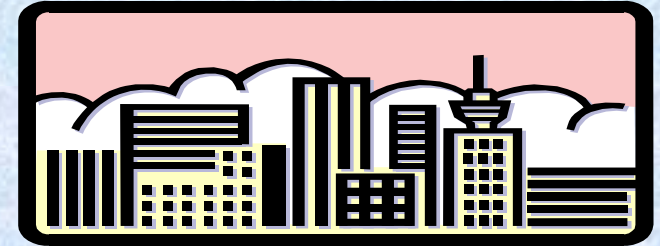
CONTENUTI

art. 7, comma 2 - Legge quadro

2. **I piani di risanamento acustico** di cui al comma 1 devono contenere:

- a) l'individuazione della **tipologia** ed **entità** dei **rumori** presenti, incluse le sorgenti mobili, **nelle zone da risanare** individuate ai sensi dell'articolo 6, comma 1, lettera a);
- b) l'individuazione dei **soggetti a cui compete l'intervento**;
- c) l'indicazione delle **priorità**, delle **modalità** e dei **tempi** per il risanamento;
- d) la stima degli **oneri finanziari** e dei **mezzi** necessari;
- e) le eventuali **misure cautelari a carattere d'urgenza** per la tutela dell'ambiente e della salute pubblica.

**Attenta pianificazione
del territorio**



↓

**Limitazione impatti
ambientali**

↓

**Limitazione interventi di
risanamento**

Risparmio sui costi

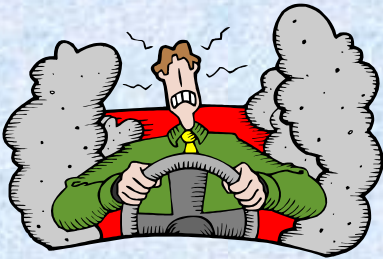
Piani di Risanamento Acustico

interventi di varia natura

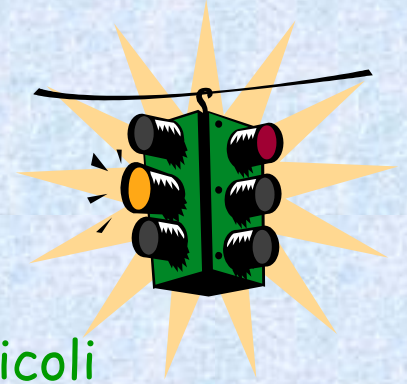
- Interventi di tipo **amministrativo** → proposte ed indirizzi in sede di pianificazione
- Interventi **normativi e regolamentari** → varianti al PRG, regolamenti d'igiene, regolamento edilizio e di Polizia Municipale

Interventi tecnici

- 1) diretti sulla sorgente
- 2) lungo le direzioni di propagazione del rumore
- 3) interventi sui ricettori



Traffico veicolare



Controlli severi sui livelli di rumorosità dei singoli veicoli (moto/motorini, vecchie auto, mezzi pesanti etc)

Interventi diretti sul veicolo (motori più silenziosi, tipologie di pneumatici meno impattanti)

Interventi atti alla limitazione del rumore da rotolamento (prevalente per velocità superiori a 70 km/h) → interventi sulla superficie stradale e sulla tipologia di pneumatico

Utilizzo di asfalti drenanti-fonoassorbenti

Migliore manutenzione delle strade

Regolazione dei volumi di traffico e riorganizzazione degli stessi privilegiando le arterie principali

Traffico veicolare



Restrizioni nella circolazione viaria in alcune ore della giornata o in determinate aree urbane

Interventi di limitazione della velocità di circolazione dei veicoli

Progettazione degli incroci stradali anche con l'uso di semafori intelligenti e di rotatorie (fluidificazione del traffico)

Interventi di sensibilizzazione dei cittadini per un migliore stile di guida (più fluida e costante, non aggressiva)

Realizzazioni di circonvallazioni (esperienze in alcune città italiane e europee → anche diminuzioni di 4 dBA)

Interventi sulla direzione di propagazione

Measure	General effect, dB	Local effect, dB
Land use planning and management		
Location of noise sources, spatial separation road and rail traffic	0–2	0–6
air traffic		0–?
Noise zoning		0–20
Use of insensitive premises		0–20
Noise screening		
Barriers	0–2	0–15
Depressed roads		0–5
Buildings as noise barriers		0–20
combination buildings-barriers		0–20
Tunnels *		0–30
Vegetation †		0–1

* effective but expensive

† generally overestimated

Esempi di barriere acustiche

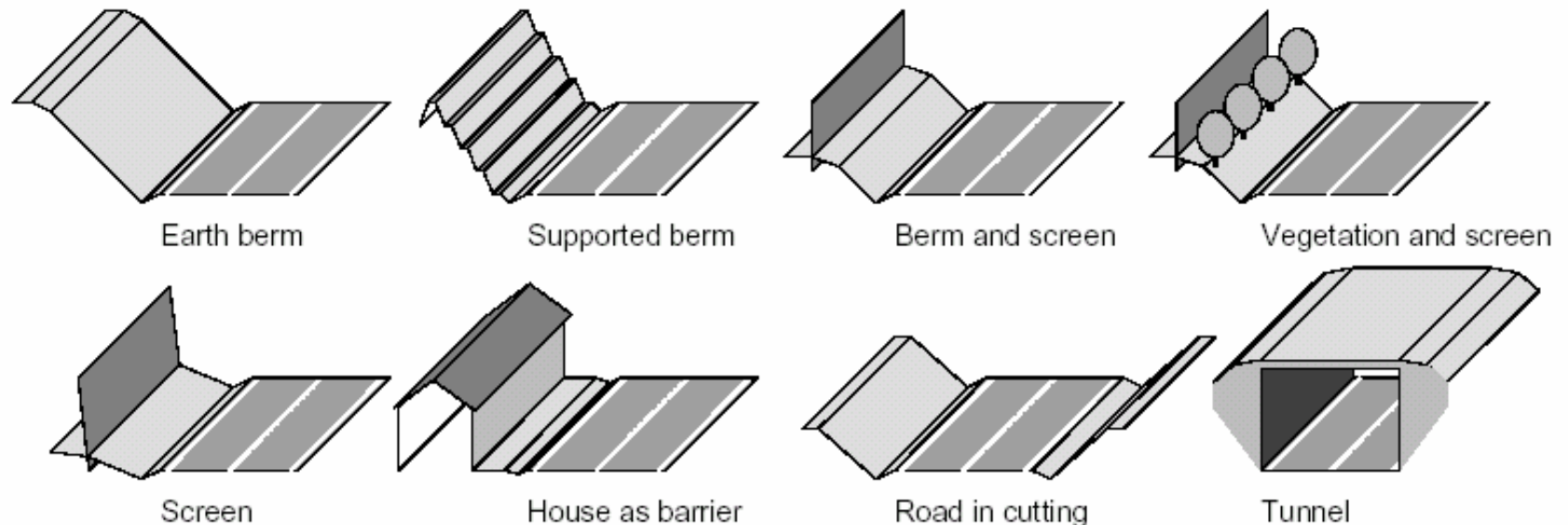


Fig. 9. Examples of noise barriers [11].

Barriere acustiche

Agiscono lungo la direzione di propagazione dell'onda acustica (Livelli di abbattimento tra 5 e 10 dB)

Differenti tipologie

- Fonoisolanti
- Fonoisolanti e fonoassorbenti
- Miste
- Dune
- Barriere vegetali
- Tunnel

potenziale mitigativo

* / **
* / ***
* / ***
* / **
0 / *
** / ***

Comunemente adottate lungo autostrade, ferrovie (sorgenti lineari); di più difficile collocazione nell'ambito delle aree urbane (spazio fisico di collocazione, ubicazione degli edifici che rendono l'intervento scarsamente efficace, ecc.)

Barriere acustiche

Gli edifici schermati sono unicamente quelli che vengono schermati dai raggi acustici di propagazione

Una cattiva collocazione può peggiorare le condizioni dell'ambiente acustico preesistenti la collocazione degli schermi

La barriere vegetali effetto acustico mitigativo scadente (pressoché nullo), ma un elevato effetto a livello psicologico

Principali fattori di pianificazione

- distanza quanto più ampia possibile tra sorgenti e ricettori
- previsione di zone cuscinetto tra sorgenti e ricettori (tipo aree commerciali, centri sportivi, ecc.)

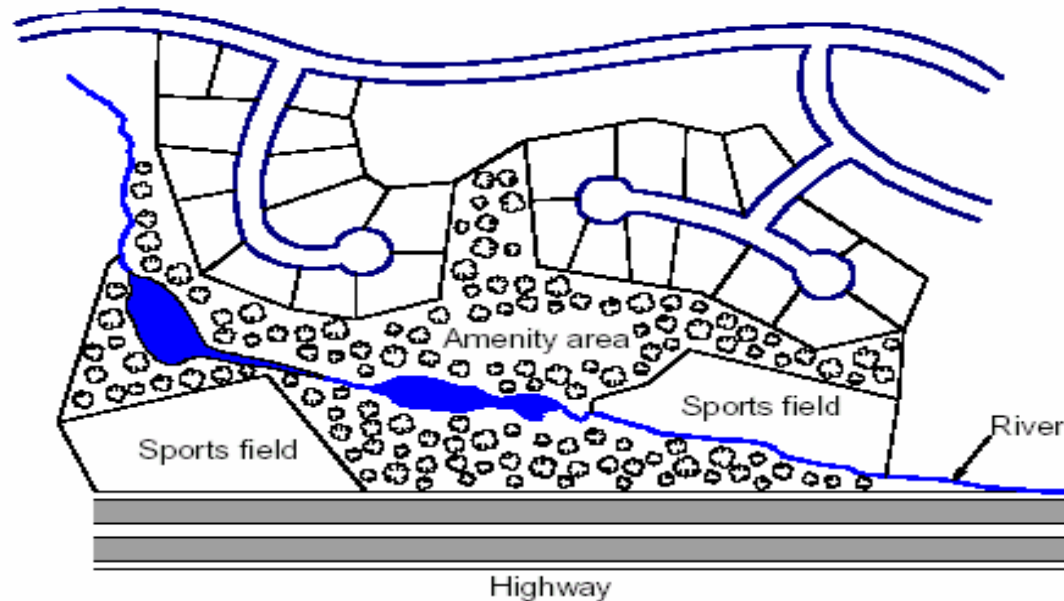
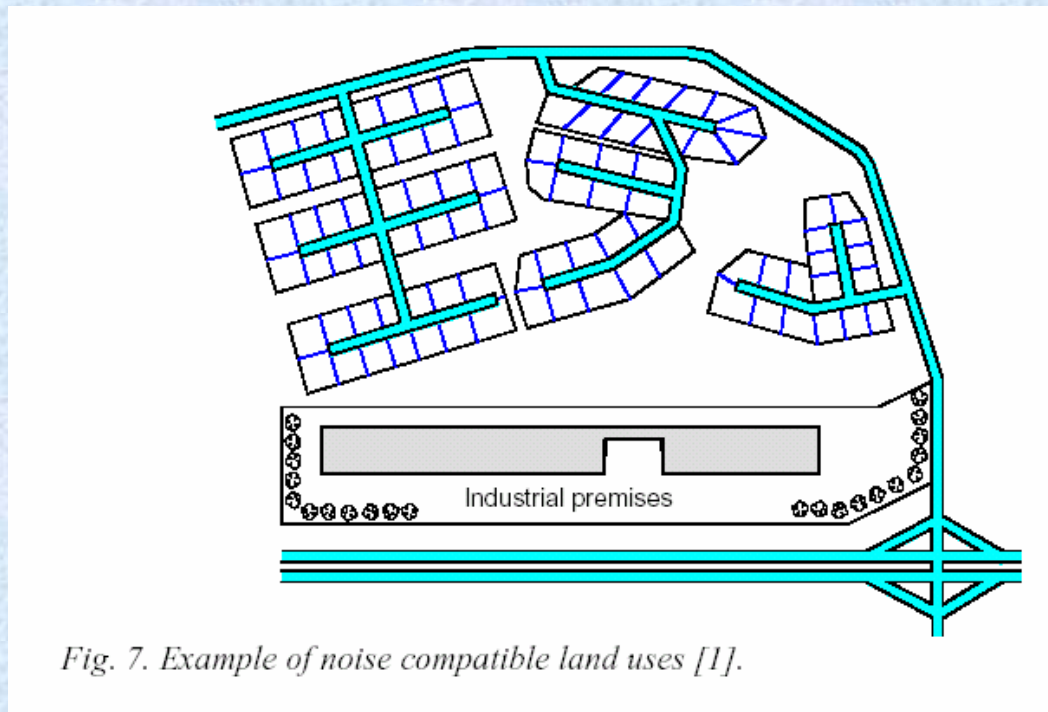


Fig. 8. Example of using open space for reducing noise impact [1].

Principali fattori di pianificazione

- adottare una tipologia di edificio a “cluster” piuttosto delle convenzionali file o griglie
- sfruttare al massimo le forme naturali del territorio come potenziali schermi acustici
- localizzare gli edifici in maniera da limitare al massimo le facciate esposte alla sorgente



Interventi diretti sul ricettore

Tale tipologia di interventi normalmente viene adottata allorchè gli interventi direttamente sul ricettore o lungo la direzione di propagazione non sono sufficienti per raggiungere l'effetto di mitigazione voluto

Sarebbe auspicabile l'adozione di tali misure fin dalla **fase progettuale** → **ottimizzazione dei risultati** = minori costi di intervento successivi.

Paesi nord-europei più avvantaggiati per problemi di isolamento termico; Italia sta solo lentamente recependo problematica (es. scarsa applicazione del DPCM 5 dicembre 1997)

Interventi sul ricettore

Esempi di scelte in fase progettuale

- Materiali da adottare per strutture murarie
- Tipologia di infissi e finestre
- Tipologia delle porte
- Disposizione delle stanze a seconda dei differenti requisiti acustici

Interventi sul ricettore

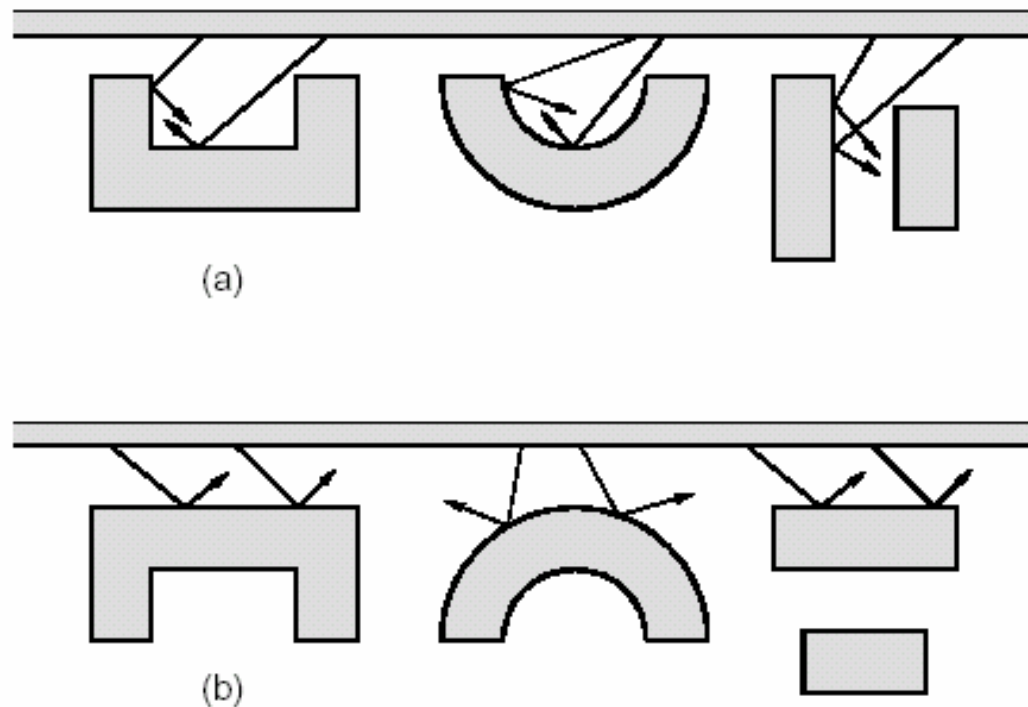


Fig. 10. Examples of the use of buildings as noise barriers: (a) to be avoided, (b) preferred [1].

Interventi sul ricettore

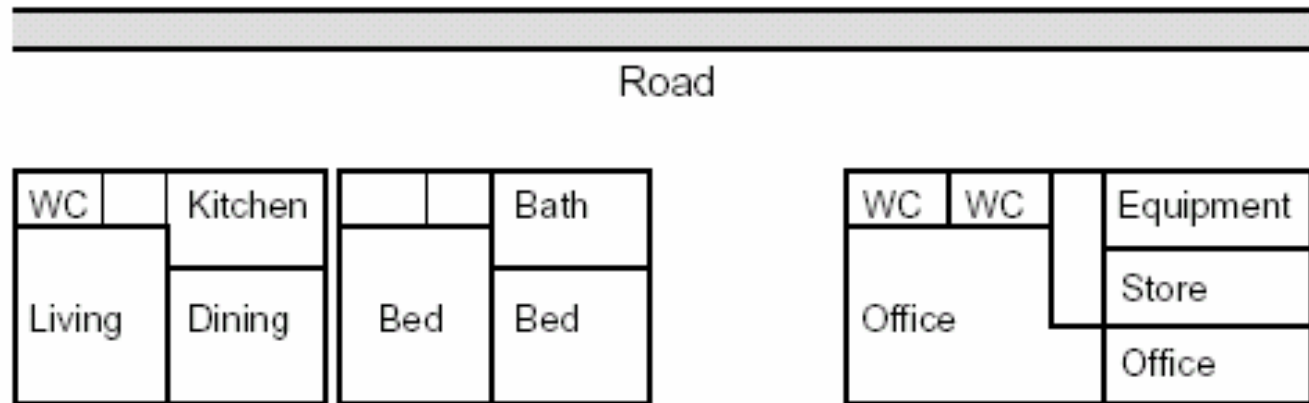


Fig. 11. Examples of noise compatible arrangements of rooms [1].

Interventi sul ricettore

Measure	General effect, dB	Local effect, dB
Sound insulation		
Outer walls		
Windows		0–10
roofs (air traffic)		0–3
Noise induced by railway vibrations		0–6
Building desing		
Room plan		0–10
Shape and orientation (quiet sides)		
Orientation		0–20
self-protection		0–20
assisted protection		0–10

Grazie per l’attenzione