


**XXXII CONVEGNO NAZIONALE
ANIMP OICE UAMI
RIMINI 6 - 7 OTTOBRE 2005**

ATTI DELLE SESSIONI TECNICO-SCIENTIFICHE



**ingegneria e
impiantistica
italiana**

**Considerazioni ed esempi sui piani di risanamento acustici stradali
e ferroviari alla luce del D.M. Ambiente 29 novembre 2000**

Ing. Francesco Ventura - VDP S.r.l. Via Guido Guinizelli, 56 - 00152 - ROMA

1 PREMESSA

Il D.M. Ambiente 29/11/2000 prevede che gli Enti gestori di infrastrutture stradali o ferroviarie debbano redigere, per il rispetto dei limiti acustici, i relativi piani di risanamento.

Infatti i gestori di reti di infrastrutture lineari di interesse nazionale o di più regioni devono individuare le aree dove sia stimato o rilevato il superamento dei limiti previsti e trasmettere i dati relativi ai Comuni e alle Regioni competenti. Entro i successivi 18 mesi lo stesso gestore presenta ai Comuni interessati, alle Regioni e al Ministero dell'Ambiente il piano di contenimento ed abbattimento del rumore in cui siano stati individuati gli interventi e le relative modalità di realizzazione, l'indicazione dei tempi di esecuzione, dei costi previsti e il grado di priorità di ciascun intervento.

Gli obiettivi di risanamento previsti dal piano devono essere conseguiti entro 15 anni dalla data di espressione della regione o dalla data di presentazione del piano qualora la regione non abbia emanato provvedimenti che prevedano la procedura di espressione.

Le attività di risanamento devono conseguire, nel caso del rumore ferroviario, il rispetto dei valori limiti stabiliti nel DPR n°459/98 mentre per il rumore stradale il 01/06/2004 è uscito il relativo decreto attuativo della Legge Quadro dove i limiti cambiano a seconda degli orari e dei luoghi sensibili interessati.

Nel 2002 RFI ha eseguito uno studio (inviato al Ministero dell'Ambiente e a tutti i comuni italiani interessati) per la stima delle aree circostanti la propria rete infrastrutturale in esercizio in base ai criteri indicati dal DMA 29 novembre 2000.

Le attività realizzate e i relativi risultati costituiscono il completamento della 1ª parte del Piano di Risanamento Acustico come indicato dal Decreto sopracitato.

A valle di questo studio RFI sta individuando gli interventi di risanamento e le relative priorità nelle aree in cui è stata riscontrata la presenza di ricettori.

La VDP ha eseguito per RFI – Direzione Investimenti – Ingegneria Civile alcuni studi pilota (progetti acustici ed esecutivi) sulla rete ferroviaria italiana:

- linea Ancona – Bari (tratta Stazione Pescara – confine Comune Montesilvano);
- cintura ferroviaria di Bologna (Via Bonvicini, Via Emmanuel – Via Kant);
- linea ferroviaria Verona – Brennero (tratta Mattarello – Stella di Man – Trento Sud).

Anche in ambito stradale ed autostradale le società e/o gli enti di gestione stanno incominciando ad occuparsi delle problematiche dei piani di risanamento acustici. Anche in questo caso la VDP sta svolgendo delle attività, in particolare per l'autostrada Milano-Serravalle e per la Tangenziale Nord di Milano.

Di seguito si forniscono alcune considerazioni sui riferimenti normativi specifici, sulla nuova tematica della “concorsualità” di più sorgenti di rumore, sui veri e propri progetti acustici e sull'indice di priorità di cui al DM. Ambiente del 29/11/2000.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

In Italia operano da alcuni anni specifici provvedimenti legislativi destinati ad affrontare il problema dell'inquinamento acustico nell'ambiente esterno.

Con il D.P.C.M. 1 Marzo 1991 il Ministero dell'Ambiente, in virtù delle competenze generali in materia di inquinamento acustico assegnategli dalla Legge 249/1986, di concerto con il Ministero della Sanità, ha promulgato un decreto che disciplina i rumori e sottopone a controllo l'inquinamento acustico.

I limiti ammissibili in ambiente esterno sono stabiliti sulla base del piano di zonizzazione acustica redatto dai Comuni che, sulla base di indicatori di natura urbanistica (densità di popolazione, presenza di attività produttive, presenza di infrastrutture di trasporto...) suddividono il proprio territorio in zone diversamente "sensibili". A tali zone, caratterizzate descrittivamente nella Tabella 1 del D.P.C.M. 1/3/91, sono associati valori di livello di rumore, limite diurno e notturno, espressi in termini di livello equivalente continuo misurato con curva di ponderazione A (Leq_A), corretto per tenere conto della eventuale presenza di componenti impulsive o componenti tonali.

Tale valore è definito livello di rumore ambientale corretto, mentre il livello di fondo in assenza della specifica sorgente è detto livello di rumore residuo.

L'accettabilità del rumore si basa sul rispetto di due criteri: il criterio differenziale e il criterio assoluto.

Negli ambienti esterni si considera il criterio assoluto, per il quale è necessario verificare che il livello di rumore ambientale corretto non superi i limiti assoluti stabiliti in funzione della destinazione d'uso del territorio e della fascia oraria con modalità diverse a seconda che i Comuni siano dotati di Piano Regolatore Generale (PRG), non siano dotati di PRG o, infine, che abbiano già adottato la zonizzazione acustica comunale.

Per quest'ultimo caso si riporta in tabella 2.1 i Limiti di immissione massima in dB(A) a seconda della destinazione d'uso territoriale.

Tabella 2.1 Limiti di immissione massima in dB(A)

DESTINAZIONE D'USO TERRITORIALE	DIURNO 6:00+22:00	NOTTURNO 22:00+6:00
I Aree protette	50	40
II Aree residenziali	55	45
III Aree miste	60	50
IV Aree di intensa attività umana	65	55
V Aree prevalentemente industriali	70	60
VI Aree esclusivamente industriali	70	70

Nel 1995 è stato perfezionato il percorso normativo sul rumore con la legge n° 447 del 26/10/1995 "Legge Quadro sul Rumore" che demanda a successivi strumenti attuativi la puntuale definizione sia dei parametri sia delle norme tecniche.

Di innovativo la Legge Quadro introduce due importanti considerazioni:

- le infrastrutture di trasporto ferroviarie sono definite come sorgenti fisse di rumore (Art. 2 comma c)
- alle infrastrutture di trasporto non è applicabile il limite differenziale (art. 15, comma 1) introdotto all'Art. 2 comma 2 e all'Art. 6 comma 2 del DPCM 1.3.1991.

In dettaglio si riportano alcune note di commento ai disposti normativi italiani in particolare per gli argomenti sui piani di risanamento acustici stradali e ferroviari.

2.1 D.P.C.M. 14 novembre 1997

Individua i valori limite di emissione, immissione, attenzione e qualità di cui all'art. 2 della legge 447/95. In questo decreto, però, *si evidenzia che per le infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali ecc. i limiti suddetti non si applicano all'interno delle rispettive fasce di pertinenza*, a loro volta individuate dai decreti attuativi previsti dalla Legge Quadro (art. 11).

2.2 D.M. Ambiente 16 marzo 1998

Definisce i requisiti della strumentazione utilizzata per le misure.

Nell'Allegato A al DMA sono riportate delle definizioni di alcune espressioni e grandezze utilizzate in acustica; gli Allegati B, C e D contengono rispettivamente: i criteri e le modalità di esecuzione delle misure del rumore, i criteri e le modalità di esecuzione delle misure del rumore stradale e ferroviario e le modalità di presentazione dei risultati. Per quanto riguarda il rumore da traffico stradale, essendo questo un fenomeno avente carattere di casualità o pseudocasualità, il monitoraggio deve essere eseguito per un tempo di misura non inferiore ad una settimana mentre per il rumore ferroviario il monitoraggio deve essere almeno di 24 ore riprendendo però i transiti dei singoli treni.

2.3 D.P.R. 18 novembre 1998, N° 459 (rumore di origine ferroviario)

Le disposizioni del Decreto Attuativo per la regolamentazione dei limiti di immissione delle infrastrutture ferroviarie del 18/11/98 n° 459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n° 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario" si applicano:

- a infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto superiore a 200 km/h
- a infrastrutture esistenti, alle loro varianti, a infrastrutture di nuova realizzazione in affiancamento a linee esistenti, a infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h.

Per le nuove linee in affiancamento a linee esistenti, per le infrastrutture esistenti (come nel caso dei piani di risanamento), per le loro varianti e per le infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto inferiore a 200 km/h, è prevista una fascia di pertinenza ferroviaria pari a 250 m per ciascun lato a partire dalla mezzera dei binari esterni. Tale fascia viene suddivisa in due parti la prima, più vicina all'infrastruttura ferroviaria della larghezza di 100 m, denominata fascia A, la seconda, più distante dall'infrastruttura ferroviaria della larghezza di 150 m, denominata fascia B. Per tali infrastrutture valgono i limiti specificati nel seguito.

All'interno dell'intera fascia di pertinenza ferroviaria: 50 dB(A) Leq diurno e 40 dB(A) Leq notturno per ospedali, case di cura e riposo; 50 dB(A) Leq diurno per le scuole.

All'interno della fascia A: 70 dB(A) Leq diurno e 60 dB(A) Leq notturno per gli altri ricettori.

All'interno della fascia B: 65 dB(A) Leq diurno e 55 dB(A) Leq notturno per gli altri ricettori.

Qualora i suddetti valori non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale, si evidenzia l'opportunità di procedere a interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

- 35 dB(A) Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo
- 40 dB(A) Leq notturno per tutti gli altri ricettori

- 45 dB(A) Leq diurno per le scuole.

Tali valori devono essere rispettati al centro della stanza più esposta, a finestre chiuse, a 1.5 m di altezza dal pavimento.

Al di fuori della fascia di pertinenza l'infrastruttura ferroviaria concorre al raggiungimento dei limiti assoluti di immissione stabiliti nel Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 14 novembre 1997. In via prioritaria l'attività di risanamento deve essere attuata all'interno dell'intera fascia di pertinenza per scuole, ospedali, case di cura e di riposo e, all'interno della sola fascia "A", per tutti gli altri ricettori. All'esterno di tale fascia A, le rimanenti attività di risanamento saranno armonizzate con i piani di risanamento di competenza comunale, in attuazione degli stessi.

2.4 D.M. Ambiente 29 novembre 2000

Il decreto emanato dal Ministero dell'Ambiente, stabilisce che gli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture stradali hanno l'obbligo di:

- individuare le aree in cui per effetto delle infrastrutture stesse si abbia superamento dei limiti di emissione;
- determinare il contributo specifico delle infrastrutture al superamento dei limiti suddetti;
- presentare al Comune, alla Regione o all'autorità competente da essa indicata il piano di contenimento e abbattimento del rumore prodotto dall'esercizio delle infrastrutture.

I contenuti essenziali del piano di risanamento consisteranno nella:

- Individuazione degli interventi e relative modalità di esecuzione,
- indicazione delle eventuali altre infrastrutture di trasporto concorrenti all'immissione nelle aree in cui si abbia il superamento dei limiti;
- indicazione dei tempi di esecuzione e dei costi previsti per ciascun intervento;
- motivazioni per eventuali interventi sui ricettori.

Le attività di risanamento devono conseguire il rispetto dei valori limite di rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto stabiliti dai regolamenti di esecuzione di cui all'art.11 della Legge Quadro.

Gli interventi strutturali finalizzati all'attività di risanamento devono essere effettuati secondo la seguente scala di priorità:

- direttamente sulla sorgente rumorosa,
- lungo la via di propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore;
- direttamente sul ricettore.

La novità di questo decreto, infine, sta nel fatto che si evincono la caratterizzazione e l'indice dei costi degli interventi di bonifica acustica mediante tipo intervento, campo di impiego, efficacia, costi unitari.

2.5 D.P.R. 19 marzo 2004, N°142 (rumore di origine stradale)

Le disposizioni del presente decreto si applicano:

1. alle infrastrutture esistenti e al loro ampliamento in sede, alle nuove infrastrutture in affiancamento a quelle esistenti, alle loro varianti;
2. alle infrastrutture di nuova realizzazione.

Il decreto (riprendendo alcune definizioni e peculiarità del D.P.R. 459/98 sul rumore ferroviario) individua le fasce di pertinenza delle diverse tipologie di strade, attenendosi alla classificazione del Codice della Strada e stabilisce inoltre i rispettivi limiti di immissione (limiti di pressione sonora ammissibili all'interno delle fasce di pertinenza) distinti per strade esistenti e strade di nuova realizzazione. In tabella 2.2 si riportano, ai fini del piano di risanamento, i limiti normativi per le strade esistenti.

Tabella 2.2 Limiti normativi per strade esistenti

Strade esistenti e assimilabili (Ampliamenti in asse, sfiancamenti, varianti)						
Tipo di strada (secondo codice della strada)	Sottotipi a fini acustici (secondo norme CNR 1980 o direttiva PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica [m]	Scuole (*), ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno [dB(A)]	Notturmo [dB(A)]	Diurno [dB(A)]	Notturmo [dB(A)]
A – autostrade		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – extraurbane		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D – urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100			65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C, allegata al DPCM 14/11/97 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447 del 1995			
F – locale		30				

(*) Per le scuole vale il solo limite diurno

3 DEFINIZIONE DEI “LIVELLI DI SOGLIA” SULLA BASE DEL DMA 29/11/2000

Come già detto si riportano alcune note e una metodologia di analisi della concorsualità di altre infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie sui limiti di fascia autostradale/ferroviaria, a fronte di disposizioni di legge vigenti che, per alcuni aspetti, non sono, a tutt'oggi, pienamente esaustive e che lasciano spazio all'interpretazione del tecnico, cui compete la necessità di optare per scelte equilibrate. Infatti, con la tematica della “concorsualità”, in base al DMA 29/11/2000 e al Decreto sul Rumore Stradale è il progettista a “decidere” i livelli di soglia su cui progettare gli eventuali interventi di mitigazione.

La verifica di concorsualità secondo quanto prescritto dall'Allegato 4 del DMA 29/11/2000 “*Criterio di valutazione dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in un punto*”, richiede, in primo luogo, l'identificazione delle infrastrutture secondarie potenzialmente concorsuali ovvero quelle che presentano una sovrapposizione delle proprie fasce di pertinenza con quelle dell'infrastruttura principale. Si parla, in tal caso, di “concorsualità geometrica”, la quale individua gli ambiti interessati dalle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale e delle infrastrutture secondarie presenti sul territorio. Il territorio in esame, per quel che riguarda i piani di risanamento acustico, è quello compreso nelle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale, così come indicato nei DPR 19/3/2004 n°142, (infrastrutture stradali) e 18/10/1998 n°459, (linee ferroviarie), sulla base dei quali vengono altresì determinate le ampiezze delle fasce di pertinenza delle infrastrutture coinvolte.

L'Allegato 4 contempla la possibilità di trascurare, in taluni casi, l'immissione delle sorgenti concorsuali, stabilendo quanto segue:

“Se il livello equivalente di rumore immesso da una sorgente è inferiore a 10 dB(A) rispetto al livello della sorgente avente massima immissione ed inferiore al livello di soglia calcolato con il numero di sorgenti diminuito di 1, il contributo della sorgente può essere trascurato”.

È importante sottolineare come detta condizione non sia legata alle differenze tra le potenze sonore emesse dalle singole sorgenti bensì alla differenza tra i livelli immessi dalle stesse in un determinato punto. Da ciò si deduce come l'eventuale stato di concorsualità delle sorgenti, cui seguirebbe la possibilità di escludere il contributo di una o più di esse nella determinazione dei livelli di soglia, debba essere verificata puntualmente, per ogni singolo ricettore.

Successivamente all'individuazione delle infrastrutture secondarie potenzialmente concorsuali, si procede sulla base del seguente iter metodologico:

1. individuazione di tutti i ricettori ricadenti nelle aree di interposizione delle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale con quelle delle infrastrutture secondarie potenzialmente concorsuali;
2. definizione, per ciascun ricettore, del limite di zona (L_{zona}) che in base al D.M.A. è il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture e che coincide con il limite cui tendere con il “concorso” di tutte le sorgenti interessate;
3. calcolo, mediante idoneo modello numerico, dei contributi acustici parziali di tutte le sorgenti secondarie che determinano il livello globale di pressione sonora su ciascun ricettore;
4. verifica, per ogni ricettore, della significatività di tutte le sorgenti potenzialmente concorsuali (cfr. 3.1);
5. definizione, per ogni ricettore, del livello di soglia, ottenuto sulla base delle risultanze emerse al punto 4 (cfr. 3.2).

Vengono di seguito descritti, in maggior dettaglio gli ultimi due punti che hanno cambiato il nuovo modo di progettare gli eventuali interventi di mitigazione per i piani di risanamento.

3.1 Verifica di significatività della sorgente concorsuale

Per tutti i ricettori censiti, ricadenti nelle aree di sovrapposizione delle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale con quelle delle infrastrutture secondarie, viene effettuata la verifica di significatività delle sorgenti secondarie.

La sorgente non è significativa, e può essere pertanto esclusa dalla determinazione dei limiti normativi per il ricettore in esame, qualora vengano rispettate le suddette condizioni:

$$a) L_i < L_{\max} - 10 \text{ dB(A)}$$

$$b) L_i < L_S(N - 1)$$

con:

L_i : livello equivalente di rumore immesso dalla sorgente i-ma, ovvero, contributo dell'i-ma sorgente al livello di pressione sonora globale sul ricettore considerato;

L_{\max} : livello della sorgente avente massima immissione, ovvero quella che determina il contributo massimo al livello di pressione sonora sul ricettore;

$L_S(N-1)$: livello di soglia calcolato con il numero di sorgenti diminuito di 1.

Sulla base di quanto detto, al fine di verificare l'occorrenza delle condizioni suesposte, risulta necessario valutare, mediante modello previsionale, i singoli contributi di tutte le sorgenti secondarie che determinano il livello globale di pressione sonora, per ogni ricettore in esame. Tale prerogativa prevede, a monte, la conoscenza dei dati di traffico delle sorgenti secondarie, nonché la necessità di prevedere delle misure fonometriche di caratterizzazione delle medesime, finalizzate alla taratura del modello previsionale.

L'esecuzione di misure fonometriche, necessarie alla caratterizzazione di ciascuna infrastruttura secondaria coinvolta, può comportare, nella maggioranza dei casi, oneri economici eccessivi; per far fronte a ciò, e rendere applicabile tale metodologia, anche dal punto di vista dei tempi e dei costi, si ricorre all'introduzione di un' "incertezza" relativa alla taratura del modello, che il progettista stima sulla base di diversi parametri (complessità orografica, tipologia di terreno, presenza di ostacoli nella propagazione dei raggi sonori, risultanze emerse in fase di caratterizzazione della sorgente, ecc.), mediamente pari a $\pm 2,5$ dB(A). L'introduzione di tale "incertezza" consente di discriminare i casi per i quali le misure fonometriche non sono necessarie (le due condizioni risultano verificate anche a seguito dell'"incertezza", nelle due formule sopra citate), da quelli che invece le richiedono. I casi possibili sono i seguenti:

- sorgente *non significativa*, per il ricettore in esame;
- sorgente *significativa*, per il ricettore in esame,
- significatività "incerta" della sorgente (necessità di effettuare misure fonometriche al fine di eliminare l'incertezza relativa alla taratura del modello).

Caso 1 : sorgente non significativa per il ricettore in esame

$$a) L_{\max} - L_i > 12,5 \text{ dB(A)}$$

$$b) L_i < L_S(N - 1) - 2,5 \text{ dB(A)}$$

se le condizioni risultano entrambe verificate, la sorgente i-ma risulta *non significativa* per il ricettore in esame e può essere pertanto esclusa nel calcolo del limite normativo per tale ricettore.

Caso 2: sorgente *significativa* per il ricettore in esame

$$a) L_{\max} - L_i < 7,5 \text{ dB(A)}$$

$$b) L_i > L_S (N - 1) + 2,5 \text{ dB(A)}$$

se le condizioni risultano entrambe verificate, la sorgente *i*-ma risulta *significativa* per il ricettore in esame e non può essere pertanto esclusa dal calcolo del limite normativo per tale ricettore.

Oltre alle condizioni sopra elencate, si possono generare casi misti:

- verifica della condizione *a* del Caso 1 e *b* del Caso 2 (Caso 2A);
- verifica della condizione *a* del Caso 2 e *b* del Caso 1 (Caso 2B).

Qualora risultino verificate entrambe le condizioni esposte in uno dei due casi 2A o 2B, la sorgente *i*-ma risulta comunque *significativa*.

Caso 2A

$$a) L_{\max} - L_i > 12,5 \text{ dB(A)}$$

$$b) L_i > L_S (N - 1) + 2,5 \text{ dB(A)}$$

Caso 2B

$$a) L_{\max} - L_i < 7,5 \text{ dB(A)}$$

$$b) L_i < L_S (N - 1) - 2,5 \text{ dB(A)}$$

Caso 3: significatività “*incerta*” della sorgente

$$a) 7,5 \text{ dB(A)} < L_{\max} - L_i < 12,5 \text{ dB(A)}$$

$$b) - 2,5 \text{ dB(A)} < L_i - L_S (N - 1) < +2,5 \text{ dB(A)}$$

se almeno una delle due condizioni risulta verificata, sono necessarie misure fonometriche finalizzate alla taratura del modello previsionale per la sorgente *i*-ma. Tarato il modello, il valore L_i ottenuto dalle simulazioni consente di verificare la significatività o meno della sorgente *i*-ma (in questo caso le condizioni a) e b) da considerare sono quelle generali, prive dell’”incertezza” del modello).

Dalla metodologia descritta si può affermare che: dal momento che la verifica di significatività delle sorgenti secondarie dipende dai valori dei livelli di rumore immessi puntualmente dalle singole sorgenti, e variando questi ultimi al variare, sia del periodo di riferimento (diurno/notturno) che dell’orizzonte temporale considerato, risulta necessario effettuare la verifica di significatività per entrambi i periodi di riferimento (a meno degli edifici con condizioni di fruizione tipicamente diurna come gli edifici scolastici) in un medesimo orizzonte temporale; ciò vuol dire che:

- una sorgente secondaria “*significativa*” nel periodo diurno, non necessariamente lo sarà anche nel periodo notturno, e viceversa;
- i limiti normativi diurni e notturni non presenteranno una differenza di 10 dB(A) per tutti i ricettori e non necessariamente coincideranno negli scenari temporali esaminati.

3.2 Definizione dei livelli di soglia

Se una o più sorgenti potenzialmente concorsuali risultano *significative*, sia la sorgente principale che quelle secondarie devono essere mitigate nell’ambito delle rispettive attività di

risanamento che andrebbero coordinate tra i soggetti coinvolti. I livelli di zona, che nell'ambito dei piani di risanamento coincidono con i limiti di fascia, non sono sufficienti a controllare la sovrapposizione degli effetti e devono essere definiti dei livelli di soglia. In questo modo si vincolano le sorgenti sonore a rispettare limiti inferiori a quelli consentiti qualora le stesse fossero considerate separatamente, imponendo che la somma dei livelli sonori non superi il limite massimo previsto per ogni singolo ricettore.

L'Allegato 4 del D.M.A. definisce il livello di soglia come *“il livello cui deve pervenire, a seguito di risanamento, ogni singola sorgente avente rumore egualmente ponderato”*:

$$L_S = L_{zona} - 10 \log_{10} N$$

Da tale formula emerge tuttavia l'incongruenza che il livello di soglia cui deve pervenire, a seguito di risanamento, un'ipotetica sorgente che presenti una concorsualità con un'altra infrastruttura, potrebbe risultare maggiore del limite di fascia di tale sorgente. Tale condizione si verifica laddove le due infrastrutture concorrono con limiti di immissione diversi.

La metodologia descritta si pone l'obiettivo di ovviare a tale incongruenza e di definire procedure atte a determinare i livelli di soglia anche laddove le infrastrutture che concorrono al limite di zona presentino diversi limiti di immissione.

Di seguito vengono descritti due possibili scenari nel caso sia presente una sola o due sorgenti secondarie significative, oltre alla sorgente principale. Gli scenari di seguito descritti prescindono dalla tipologia delle infrastrutture considerate, ipotizzando comunque per esse la presenza di una doppia fascia di pertinenza, di ampiezza variabile in funzione del tipo di infrastruttura, e per le quali vigono i limiti di seguito riportati:

Fascia	Diurno Leq dB(A)	Notturmo Leq dB(A)
Fascia A	70	60
Fascia B	65	55

Tale ipotesi non preclude tuttavia la possibilità di estendere la trattazione anche ad infrastrutture che presentino una singola fascia di pertinenza, caratteristica, quest'ultima, che compete alle infrastrutture di nuova realizzazione.

Scenario 1 : presenza di una sola sorgente concorsuale significativa

Nel caso in cui, oltre all'infrastruttura principale sia presente un'ulteriore infrastruttura secondaria significativa, per tenere in conto il contributo acustico della sorgente concorrente, con la finalità di perseguire una progettazione coordinata, i limiti ascrivibili alla sola sorgente principale vengono ridotti di una quantità ΔLeq ottenuta in base alla seguente equazione:

$$10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_1 - \Delta Leq}{10}} + 10^{\frac{L_2 - \Delta Leq}{10}} \right) = \max(L_1, L_2) = L_{zona} \quad \text{Equazione 1}$$

con L_1 ed L_2 pari ai limiti propri delle due infrastrutture considerate singolarmente.

Tale formula fa sì che, nel caso in cui L_1 ed L_2 siano diversi, si applichi, ai due limiti, un uguale riduzione percentuale, di modo che non venga penalizzata l'infrastruttura a cui compete un limite acustico inferiore.

Il ΔLeq , e di conseguenza i limiti, variano in funzione delle aree di sovrapposizione delle fasce di pertinenza acustiche delle due infrastrutture, così come evidenziato nella tabella seguente:

Infrastruttura secondaria	Infrastruttura principale		
	Fascia A	Fascia B	
	Fascia A	67 dB(A) Leq diurno	63,8 dB(A) Leq diurno
		57 dB(A) Leq notturno	53,8 dB(A) Leq notturno
Fascia B	68,8 dB(A) Leq diurno	62 dB(A) Leq diurno	
	58,8 dB(A) Leq notturno	52 dB(A) Leq notturno	

Scenario 2 : presenza di due sorgenti concorsuali significative

In questo caso, data la presenza di ulteriori due infrastrutture secondarie, oltre alla principale, il ΔLeq correttivo, da sottrarre al limite proprio dell'infrastruttura principale, viene determinato in base alla seguente equazione:

$$10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_1 - \Delta Leq}{10}} + 10^{\frac{L_2 - \Delta Leq}{10}} + 10^{\frac{L_3 - \Delta Leq}{10}} \right) = \max(L_1, L_2, L_3) = L_{zona} \quad \text{Equazione 2}$$

con L_1 , L_2 ed L_3 pari ai limiti propri delle tre infrastrutture considerate singolarmente.

Le considerazioni fatte in merito all'Equazione 1, valgono anche in questo caso, con l'unica differenza che il ΔLeq , e di conseguenza i limiti, variano in funzione delle aree di sovrapposizione delle fasce di pertinenza acustiche delle tre infrastrutture, così come evidenziato nella due tabelle seguenti:

Fascia A dell'infrastruttura principale

Infrastruttura secondaria 1	Infrastruttura secondaria 2		
	Fascia A	Fascia B	
	Fascia A	65,2 dB(A) Leq diurno	66,4 dB(A) Leq diurno
		55,2 dB(A) Leq notturno	56,4 dB(A) Leq notturno
Fascia B	66,4 dB(A) Leq diurno	67,9 dB(A) Leq diurno	
	56,4 dB(A) Leq notturno	57,9 dB(A) Leq notturno	

Fascia B dell'infrastruttura principale

Infrastruttura secondaria 1	Infrastruttura secondaria 2		
	Fascia A	Fascia B	
	Fascia A	61,4 dB(A) Leq diurno	62,9 dB(A) Leq diurno
		51,4 dB(A) Leq notturno	52,9 dB(A) Leq notturno
Fascia B	62,9 dB(A) Leq diurno	60,2 dB(A) Leq diurno	
	52,9 dB(A) Leq notturno	50,2 dB(A) Leq notturno	

Nella **Figura 1** viene riportata la rappresentazione grafica dello studio della concorsualità, applicato ad un'infrastruttura autostradale, sulla base della metodologia fin qui descritta.

In tale studio oltre alla sorgente autostradale, concorrono nella definizione dei limiti, una linea ferroviaria esistente e una Strada Statale, anch'essa esistente, classificata di Tipo Cb (strada extraurbana secondaria non del tipo Ca) secondo il Codice della Strada.

Sulla base della Tabella 2 del *DPR 30/3/2004 n°142*, per quanto concerne le infrastrutture stradali, e del Art 5. del *DPR 18/10/1998 n°459*, per quanto concerne la linea ferroviaria, sono state individuate ampiezza delle fasce di pertinenza delle singole infrastrutture e relativi limiti normativi, così come specificato nella tabella seguente:

Infrastruttura	Riferimento	Tipologia	Sottotipologia	Ampiezza fasce di pertinenza (m)	Limiti normativi	
					Diurno	Notturno
Sorgente autostradale	Tabella 2 <i>DPR 19/3/2004 n°142</i>	A autostrada	A	100 (fascia A)	70	60
				150 (fascia B)	65	55
SS esistente	Tabella 2 <i>DPR 19/3/2004 n°142</i>	C extraurbana secondaria	Cb	100 (fascia A)	70	60
				50 (fascia B)	65	55
FF. SS. esistente	Art 5, <i>DPR 18/10/1998 n°459</i>	/	/	100 (fascia A)	70	60
				150 (fascia B)	65	55

In **figura 1** sono evidenziate le diverse aree di sovrapposizione delle fasce di pertinenza delle tre infrastrutture coinvolte, cui competono i limiti specificati in legenda, ottenuti sulla base della metodologia descritta nel presente paragrafo:

- nel caso sia presente la sola sorgente autostradale, i livelli di soglia coincidono con i limiti di fascia;
- nel caso sia presente una sola infrastruttura secondaria oltre alla principale (concorsualità di due sorgenti), i livelli di soglia sono quelli specificati nella tabella relativa allo Scenario 1;
- nel caso siano presenti due infrastrutture concorsuali oltre alla principale (concorsualità di tre sorgenti), i livelli di soglia sono quelli specificati nelle due tabelle relative allo Scenario 2.

La metodologia fin qui descritta, ed analizzata solo nel caso di due scenari, risulta comunque applicabile ad un numero generico n di sorgenti concorsuali, secondo l'equazione di seguito riportata:

$$10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_1 - \Delta Leq}{10}} + 10^{\frac{L_2 - \Delta Leq}{10}} + 10^{\frac{L_3 - \Delta Leq}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n - \Delta Leq}{10}} \right) = \max(L_1, L_2, L_3, \dots, L_n) = L_{zona}$$

Equazione 3

con $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$ pari ai limiti propri delle n infrastrutture considerate singolarmente.

Il ΔLeq correttivo, da sottrarre al limite proprio dell'infrastruttura principale, viene determinato in base a tale equazione. Sulla base di questo, vengono dunque calcolati i relativi limiti normativi cui devono pervenire i singoli ricettori che ricadono nelle fasce di pertinenza dell'infrastruttura, oggetto dell'attività di risanamento.

4 LO STUDIO ACUSTICO

Per tale tipo di studio, che conduce alla identificazione degli interventi di mitigazione per il piano di risanamento, i passi operativi possono essere quelli di seguito riportati.

Nei paragrafi successivi si riportano in dettaglio alcune note solo su alcuni di questi passi operativi, soprattutto quelli sulla caratterizzazione della sorgente e sull' utilizzo del modello di simulazione.

A) Analisi acustica del territorio interessato dal progetto e individuazione dei recettori sensibili
Devono essere effettuate delle indagini dirette di conoscenza dei luoghi, sia sotto il profilo morfologico e antropico, sia sotto il profilo della caratterizzazione delle sorgenti acustiche attualmente presenti.

L'individuazione dei ricettori sensibili si può eseguire con l'ausilio delle indagini in situ in cui possono essere caratterizzati gli edifici all'interno di una fascia di 250 metri per lato dalla linea ferroviaria o dal bordo esterno dell'infrastruttura stradale. Naturalmente in un ambito urbano e con altre infrastrutture di trasporto si possono considerare i ricettori in una fascia più ristretta rispetto ai 250 m.

Si possono così redigere schede esplicative con foto dei ricettori e delle carte tematiche dove possono essere localizzati i ricettori con la relativa numerazione identificativa, destinazione d'uso, numero di piani ed altre informazioni.

Nel seguito si riporta la tabella tipo di caratterizzazione degli edifici, utilizzata nell'attività di censimento:

Ricettore (N°)	Destinaz. Uso Prevalente	Destinaz. Uso P. Terra	Piani F.T. (N°)	Struttura		Tipo infissi			
				C.A.	Muratura	Legno bassa qualità	Legno alta qualità	Alluminio	Doppi infissi

L'indicazione del tipo di infisso può tornare utile nel calcolo dei livelli di rumore all'interno degli edifici, mentre gli altri dati sono importanti, fra l'altro, per la corretta imputazione del modello di simulazione, per il quale è necessario conoscere il numero dei piani degli edifici di cui si vuole simulare il fenomeno acustico in modo più dettagliato.

B) Individuazione dei livelli sonori di riferimento

I riferimenti legislativi considerati sono quelli attualmente vigenti e descritti nel capitolo 2.

Per l'individuazione dei livelli sonori di riferimento per più infrastrutture si veda il capitolo 3.

C) Caratterizzazione del clima acustico attuale

Per caratterizzare l'emissione della sorgente sonora della linea ferroviaria o di un infrastruttura stradale, nonché per tarare il modello di simulazione è necessario procedere preventivamente ad una serie di rilevamenti fonometrici.

Per la linea ferroviaria tali rilevamenti (sempre per 24 ore) si possono distinguere:

- nei punti di riferimento (Pr) a circa 7,5 m di distanza dal binario;
- nei punti significativi (Ps): rilievo di 20 transiti ferroviari o stradali su ricettori limitrofi contemporanei al punto Pr;
- nei punti h = 24 ore su ricettori limitrofi alla ferrovia.

L'ubicazione dei punti di rilievo fonometrico, può essere scelta in corrispondenza dei punti di maggiore criticità, in funzione, cioè, sia della presenza di ricettori, sia del grado di sensibilità degli stessi ricettori, e in corrispondenza di punti e/o zone la cui disposizione planoaltimetrica rispetto al tracciato della ferrovia possa dare una caratterizzazione generale di tutte le situazioni urbanistico-insediative presenti nell'intorno dell'infrastruttura.

Anche nel caso del rumore di origine stradale deve essere effettuata la caratterizzazione seppure per un tempo molto limitato (a volte è sufficiente 1 ora). Infatti, tale rilevamento è finalizzato alla determinazione dello spettro di emissione della sorgente mediante il rilievo fonometrico accompagnato da rilievi di traffico e velocità media.

D) Scelta e taratura del modello di simulazione

Per definire puntualmente i valori di clima acustico su tutti i ricettori nella situazione attuale e in quella futura (con l'eventuale mitigazione) è necessario effettuare delle simulazioni.

Il modello per questo tipo di analisi, oltre ad una valutazione esatta del fenomeno in forma tabellare, deve permettere una visione grafica della simulazione, evidenziando su tutti i ricettori considerati l'andamento dei livelli sonori (sia di giorno che di notte) sulla facciata degli edifici per la situazione con e senza interventi di mitigazione.

I dati di emissione calcolati nel punto C) sono da inserire nel database del modello di simulazione.

E) Caratterizzazione del clima acustico post mitigazione

Lo scopo della metodologia utilizzata è quello di calcolare per ciascun ricettore indagato un livello equivalente diurno ed uno notturno (per tutti i piani) con e senza la mitigazione.

In sintesi, si possono effettuare delle simulazioni (separatamente per il periodo diurno e per il periodo notturno) per tutti i ricettori; laddove si sono riscontrati esuberanti fra i livelli ante-operam e quelli dei limiti normativi si possono effettuare ulteriori simulazioni e prevedere degli interventi di mitigazione mediante barriere acustiche.

4.1 Caratterizzazione della sorgente

Questa tematica nei primi studi acustici veniva affrontata con misura spot e giornaliera non selezionando, se non a vista, il tipo di rumore.

Attualmente, anche in base al DMA 16/03/98 le misure fonometriche hanno un certo standard con durata di almeno una settimana in ambito stradale e di 24 ore (con rilievo di tutti i transiti) in ambito ferroviario.

Quindi, anche le attrezzature sono diventate più sofisticate sia per misure assistite (con l'operatore insieme allo strumento) sia per misure non assistite (lasciando il fonometro, centralina meteo e conta traffico senza operatore). In **figura 2** si riportano alcuni esempi di misure in ambiente interno ed esterno assistite e non. In alcuni casi (**Figura 2** in basso) si nota una centralina fissa con modem per scarico giornaliero dei dati in sede diversa da quella delle indagini.

Si riportano di seguito alcune note tecniche, non sulle misure ante operam, ma sulla caratterizzazione della sorgente stradale e ferroviaria al fine della taratura del modello di simulazione e della scelta esatta degli input del modello stesso.

4.1.1 Sorgente ferroviaria

Allo scopo di determinare le caratteristiche d'emissione delle diverse tipologie di treni che transitano lungo la linea risulta necessario effettuare rilevazioni dei livelli sonori dei convogli. I risultati di tali misurazioni vengono successivamente utilizzati nell'applicazione del modello di simulazione, adottato per la determinazione del clima acustico (MITHRA). Il modello richiede, infatti, come dati di input, oltre alla caratterizzazione planaltimetrica del terreno, del tracciato di progetto e degli edifici presenti, anche le caratteristiche emissive delle sorgenti sonore, ovvero lo spettro di emissione di tutti i convogli transitanti nella tratta oggetto di studio.

Obiettivo delle misure fonometriche è quello di caratterizzare l'emissione sonora complessiva dei convogli e non quella specifica di ciascun elemento (locomotore o carrozza), permettendo la costruzione di un database delle emissioni delle diverse tipologie di treni che transitano sull'infrastruttura ferroviaria, aggiornato al momento in cui sono realizzate le prove sperimentali.

I siti nei quali effettuare le misure, vengono individuati mediante specifici sopralluoghi tecnici in campo, atti a verificare le seguenti caratteristiche:

- corpo dell'infrastruttura in rilevato basso o raso;
- caratteristiche il più possibile rettilinee dell'infrastruttura, nell'intorno della postazione;
- assenza di stazioni di fermata o caratteristiche infrastrutturali (interconnessioni ecc.) estremamente prossime ed in grado di influenzare il transito dei convogli;
- condizioni acustiche il più possibile approssimabili a quelle in campo libero ed in particolare territorio pianeggiante, assenza di aree edificate, assenza di ostacoli alla propagazione del rumore, assenza di vegetazione ad alto fusto;
- assenza di sorgenti acustiche predominanti;
- possibilità di accesso alle aree interne al sedime ferroviario;
- accessibilità all'area di installazione della strumentazione il più possibile agevole anche mediante autovetture.

Le misurazioni vengono effettuate in condizioni atmosferiche ottimali e con assoluta mancanza di vento.

Nell'ambito della campagna di indagini vengono rilevati almeno dieci transiti per ciascuna tipologia di convoglio, tale numero consente di ottenere una media dei valori delle deviazioni standard, calcolata sulle otto bande da 125 Hz a 8 kHz, non eccedente il valore massimo di 2 dB.

In alcuni casi, vista l'importanza di caratterizzare ogni singolo transito ferroviario in dettaglio, è necessario utilizzare un attrezzatura per il rilievo con telecamera fissata su mezzo mobile e restituzione video di ogni singolo passaggio.



Con l'ausilio di una telecamera ad infrarossi e un sofisticato videoregistratore digitale è, infatti, possibile effettuare un video per ogni transito ferroviario. Il videoregistratore infatti dispone di un sensore al movimento programmabile che permette di attivare la registrazione solo quando viene rilevato il movimento in alcune porzioni dello schermo predefinite dall'utente.

Mediante l'utilizzo di traguardi verticali inoltre (es. aste verticali o, ove geometricamente possibile, gli stessi pali della T.E.), è possibile individuare il tempo intercorso nel passaggio del treno fra i due riferimenti, in modo da rendere possibile il calcolo della velocità di transito.

In questo modo è possibile identificare, per ogni misura fonometrica, anche la corrispondente tipologia e composizione di treno.

Per ogni sito e per ciascuna tipologia di convoglio e transito valido vengono redatte delle "Schede di sintesi dei rilievi in campo", contenenti le seguenti informazioni:

- documentazione fotografica del transito
- codice del convoglio
- tipologia del convoglio
- composizione del convoglio
- lunghezza del convoglio
- velocità di transito
- data del rilevamento
- luogo del rilevamento
- tipologia del corpo ferroviario

Si allega in **Figura 3** un esempio di output grafico di restituzione di misure fonometriche per due transiti (regionale e merci) sulla linea ferroviaria Pontremolese.

Nell'output si nota l'andamento temporale (Time History) di:

- livello equivalente
- livello equivalente progressivo
- SEL (single event level)

Tutte le curve vengono filtrate con pesatura A.

Inoltre, nel secondo grafico si evince lo spettro in terzi d'ottava dei valori del SEL lineare relativo al transito in oggetto nel range 31,5 Hz ÷ 16 kHz.

Allo scopo di effettuare un'adeguata taratura per una successiva implementazione dei dati nel modello di simulazione si procede come segue:

- 1) Estrapolazione dei valori di SEL per bande di ottava dei passaggi monitorati nel range di frequenze 16 Hz ÷ 16 KHz
- 2) Calcolo dei valori di Leq relativi al passaggio di un treno ora
- 3) Calcolo dei valori di Leq relativi al passaggio di un treno ora alla velocità di riferimento scelta
- 4) Normalizzazione delle bande a 16 Hz, 31.5 Hz e 16 KHz rispetto alla curva di ponderazione A
- 5) Somma delle bande a 16 Hz, 31.5 Hz e 16 KHz alle bande vicine
- 6) Calcolo del valore di potenza per metro dei vari transiti attraverso la valutazione dell'effetto sito determinato con il modello Mithra
- 7) Calcolo dei livelli di potenza acustica per assale alla velocità di riferimento scelta
- 8) Calcolo della media dei livelli di potenza acustica per assale alla velocità di riferimento per ogni tipologia di treno
- 9) Determinazione dello spettro da immettere nel file di definizione della sorgente

4.1.2 Sorgente stradale

Con lo scopo di caratterizzare acusticamente la sorgente stradale vengono eseguite misure fonometriche in corrispondenza della tratte interessate. Tali misure consentono di rilevare le caratteristiche dello spettro in bande di ottava emesso dalla sorgente stradale. Contestualmente vengono eseguiti rilievi di traffico mediante apparecchiature laser o spire o telecamere che permettono di rilevare con precisione classe di veicoli e velocità di ogni singolo passaggio occorso durante il rilievo.

I risultati dei rilievi e le misure di caratterizzazione vengono sintetizzati in forma tabulare, riportando le seguenti informazioni:

- Postazione;
- Tempo di riferimento della misura;
- Numero di carreggiate;
- Numero di corsie;
- Larghezza corsia (m);
- Larghezza della corsia di emergenza (m);
- Larghezza dello spartitraffico (m);
- Altezza New Jersey (m);
- Tipo di pavimentazione;
- Distanza del microfono dal ciglio della strada (m);
- Altezza del microfono dal piano stradale (m);
- Leq dB(A) rilevato;
- Numero totale di veicoli normalizzato (veicoli/ora);
- Percentuale di veicoli pesanti;
- Velocità media dei veicoli leggeri(km/h);
- Velocità media dei veicoli pesanti (km/h).

4.2 Taratura del modello e caratterizzazione del clima acustico

Il modello utilizzato per le simulazioni è il MITHRA che è stato elaborato dal CSTB (Centre for the Science and Technology of Buildings) di Grenoble, ed è stato utilizzato in numerose applicazioni a partire dalla fine degli anni '80, anche in Italia, sia per gli studi di impatto ambientale sia per i progetti di barriere acustiche. Il software del modello è stato sviluppato in accordo alle ultime indicazioni degli standard ISO 9613-2.

Il modello consente di determinare la propagazione acustica in campo esterno prendendo in considerazione numerosi parametri e fattori legati:

- alla localizzazione ed alla forma ed all'altezza degli edifici;
- alla topografia dell'area di indagine;
- alle caratteristiche fonoassorbenti e/o fonoriflettenti del terreno;
- alla tipologia costruttiva del tracciato stradale o ferroviario;
- alla presenza di eventuali ostacoli schermanti;
- alle caratteristiche acustiche della sorgente;
- al numero dei raggi sonori;
- alla distanza di propagazione;
- al numero di riflessioni;
- all'angolo di emissione dei raggi acustici;
- alla dimensione ed alla tipologia delle barriere antirumore.

Particolare rilievo riveste nel processo di simulazione la ricostruzione, nel modello, di un clima acustico noto, dal quale il modello stesso deve calcolare un livello sonoro prossimo a quello misurato dagli strumenti. Per ottenere questo è necessario modificare alcuni parametri del modello, in modo da rendere la rappresentazione virtuale del clima acustico il più possibile simile a quella reale in condizioni note. Questa prima parte del lavoro sul software è importante per ottenere dalle simulazioni dei risultati che rispettino le peculiarità della specifica area di studio, sia per quanto riguarda l'effetto sito (decadimento e assorbimento del suono lungo la via di propagazione), che per quanto riguarda le caratteristiche del traffico ivi circolante.

In buona sostanza, partendo dai risultati della campagna di misure, attribuendoli allo scenario già inputato nel modello, si eseguono delle simulazioni, ottenendo dei risultati che dipendono anche da parametri interni al modello stesso (tipo di asfalto, assorbimento del terreno, ecc.), e che possono pertanto discostarsi da quelli misurati in sito.

La verifica consiste appunto nell'allineare i risultati delle simulazioni, eseguite in condizioni note, a quelli delle misure, in modo che, comunque venga modificato il traffico, i risultati delle simulazioni si potranno considerare aderenti alla realtà locale.

La calibratura del modello porta alla definizione dei parametri che successivamente si utilizzeranno all'interno delle simulazioni:

- Assorbimento acustico del terreno(σ)
- Numero di raggi
- Distanza di propagazione (m)
- Numero di intersezioni
- Numero di riflessioni
- Temperatura (°C)
- Umidità
- Metodo di calcolo

Infine, caratterizzata la sorgente ed effettuata la calibratura del modello, vengono effettuate le simulazioni acustiche al fine di valutare i livelli sonori indotti su tutti i piani degli edifici censiti. A tale scopo, nel modello di simulazione vengono inseriti i dati di traffico espressi in termini di numero di veicoli/ora, percentuale di veicoli pesanti e velocità massima di percorrenza. I risultati così ottenuti vengono confrontati con i livelli di soglia e definiti gli interventi di mitigazione "indiretti" da adottare (tipologia, localizzazione e altezza delle barriere antirumore), allo scopo di riportare i valori dei livelli sonori al di sotto dei limiti. Nel definire gli interventi di mitigazione, si utilizza un procedimento iterativo finalizzato ad ottenere la soluzione ottimale, determinando tipologia, lunghezza ed altezza minima della barriera che garantiscano sui ricettori livelli sonori inferiori a quelli di soglia.

Si riportano in **figura 4** delle immagini tratte dal modello di simulazione MITHRA che rappresentano:

- sezione di sorgente ferroviaria con l'andamento delle curve isofoniche con barriere antirumore di altezza pari a 3,5 metri;
- planimetria con andamento delle curve isofoniche;
- rappresentazione tridimensionale del contesto territoriale ed infrastrutturale.

Laddove l'interposizione di barriere antirumore risulti inefficace (i livelli sonori eccedono i limiti di soglia) si può intervenire direttamente sui ricettori mediante sostituzione di infissi silenti con potere fonoisolante adeguato a garantire il rispetto del limite interno.

5 INDICE DI PRIORITA'

Si sottolinea che in base al D.M.A 29/11/2000, gli obiettivi del piano di risanamento devono essere conseguiti entro 15 anni dalla data di espressione della Regione o dell'autorità da essa indicata.

I contenuti essenziali del piano di risanamento consistono nella:

- individuazione degli interventi e relative modalità di esecuzione (studio acustico di cui al capitolo precedente);
- indicazione delle eventuali altre infrastrutture di trasporto concorrenti all'immissione nelle aree in cui si abbia il superamento dei limiti;
- indicazione dei tempi di esecuzione e dei costi previsti per ciascun intervento;
- indice di priorità di esecuzione di ciascun intervento;
- motivazioni per eventuali interventi su ricettori.

L'ordine di priorità degli interventi di risanamento è stabilito dal valore numerico dell'indice di priorità, la cui procedura di calcolo è indicata nell'Allegato 1 al decreto. Nell'indice di priorità confluiscono il valore limite di immissione, il livello di impatto della sorgente sonora sul ricettore, la popolazione esposta (n° abitanti equivalenti). Ospedali, case di cura e riposo e le scuole vengono assimilati ad una popolazione residente moltiplicando rispettivamente per 4, 4 e 3 il numero di posti letto e il numero totale degli alunni.

Il grado di priorità degli interventi di risanamento all'interno dell'area A quindi, si otterrà in definitiva come conseguenza delle seguenti operazioni:

- la suddivisione dell'area A da risanare in sottoaree A_i ;
- l'individuazione dei valori limite di immissione del rumore per le singole sottoaree;
- la definizione dei valori numerici R_i relativo alle sottoaree A_i ;
- la determinazione, tramite i decreti applicativi della legge 447/1905, del livello continuo equivalente di pressione sonora L_i , nel periodo di riferimento, approssimato all'unità, prodotto dalle infrastrutture nell'area A_i , attribuendo per ogni singolo edificio il valore valutato nel punto di maggiore criticità; della facciata più esposta, tenendo conto che la variabilità del livello L_i , all'interno di A_1 deve essere non superiore a 3 dB(A) e che il valore da inserire nella formula (I) è il valore centrale dell'intervallo.

Le sottoaree A_i si otterranno dalle indicazioni riportate nel piano di zonizzazione comunale e nel piano regolatore generale vigente.

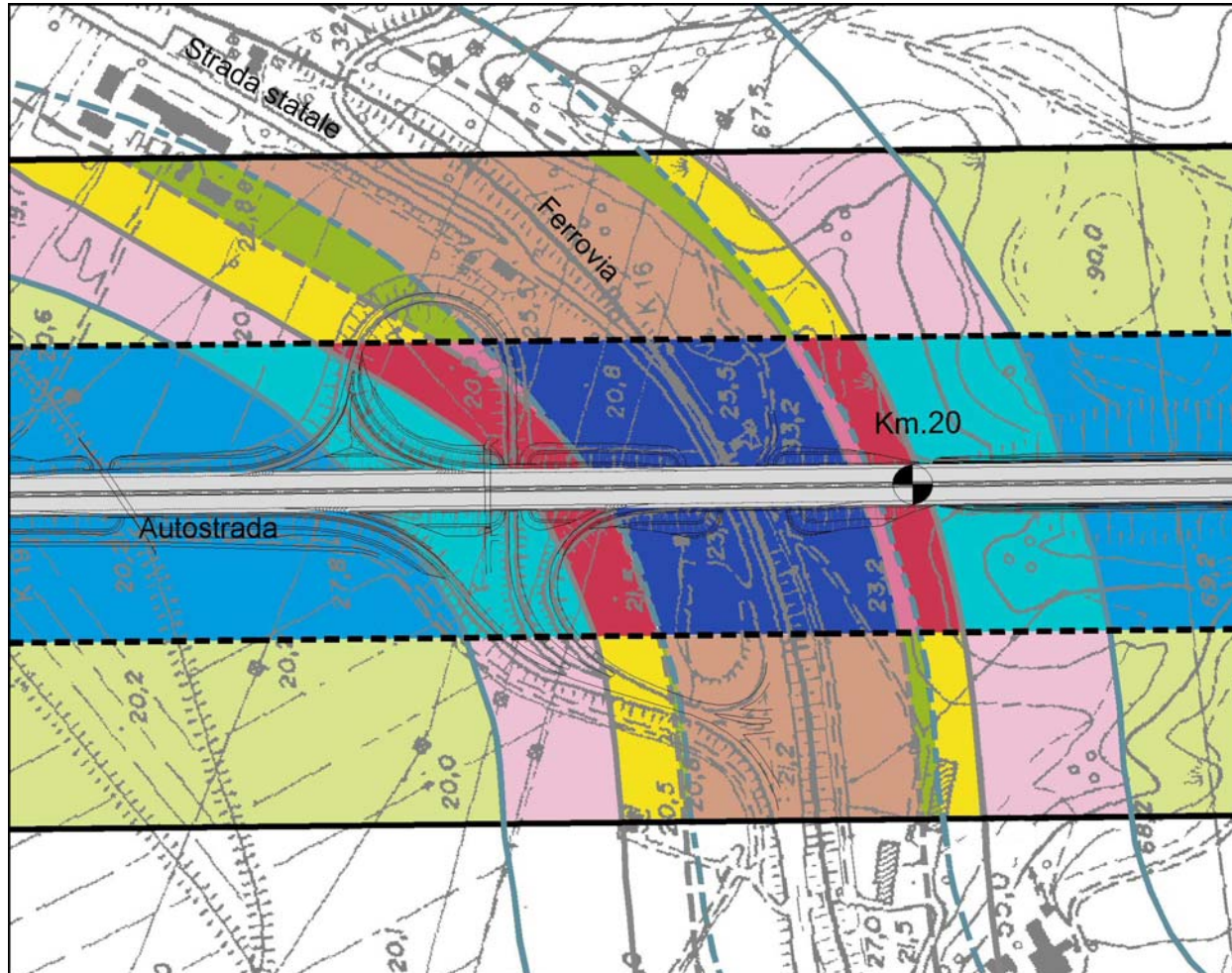
Gli interventi strutturali finalizzati all'attività di risanamento (art. 5) devono essere effettuati secondo la seguente scala di priorità:

- direttamente sulla sorgente rumorosa;
- lungo la via di propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore;
- direttamente sul ricettore.

Come interventi strutturali si riportano dei rendering (**Figure 5 e 6**) di progetti acustici ed esecutivi redatti da VDP per RFI, in particolare per la linea ferroviaria Ancona – Bari (Tratta Stazione Pescara – Monte Silvano) con barriere antirumore in costruzione e per la linea ferroviaria Verona – Brennero (Tratta Mattarello – Stella di Man – Trento Sud) con gara di appalto di barriere antirumore attualmente in Gazzetta Ufficiale.

Gli interventi sul ricettore sono adottati qualora non sia tecnicamente conseguibile il raggiungimento dei valori limite di immissione oppure quando lo impongano valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale.

Aree interessate dalla concorsualità di più sorgenti con relativi "limiti di soglia"















	LIMITI DI SOGLIA		
	Diurno-Leq dB(A)	Notturmo-Leq dB(A)	
	70	60	sorgente autostradale
	65	55	
	67	57	concorsualità di due sorgenti
	68.8	58.8	
	63.8	53.8	
	62	52	
	65.2	55.2	concorsualità di tre sorgenti
	66.4	56.4	
	67.9	57.9	
	61.4	51.4	
	62.9	52.9	
	60.2	50.2	

Figura 1

La strumentazione per il rilevamento fonometrico



Misura in ambiente interno assistita



Misura in ambiente esterno assistita



Misura in ambiente esterno non assistita



Misura in ambiente esterno non assistita

Figura 2

Esempi di misure fonometriche di caratterizzazione della sorgente

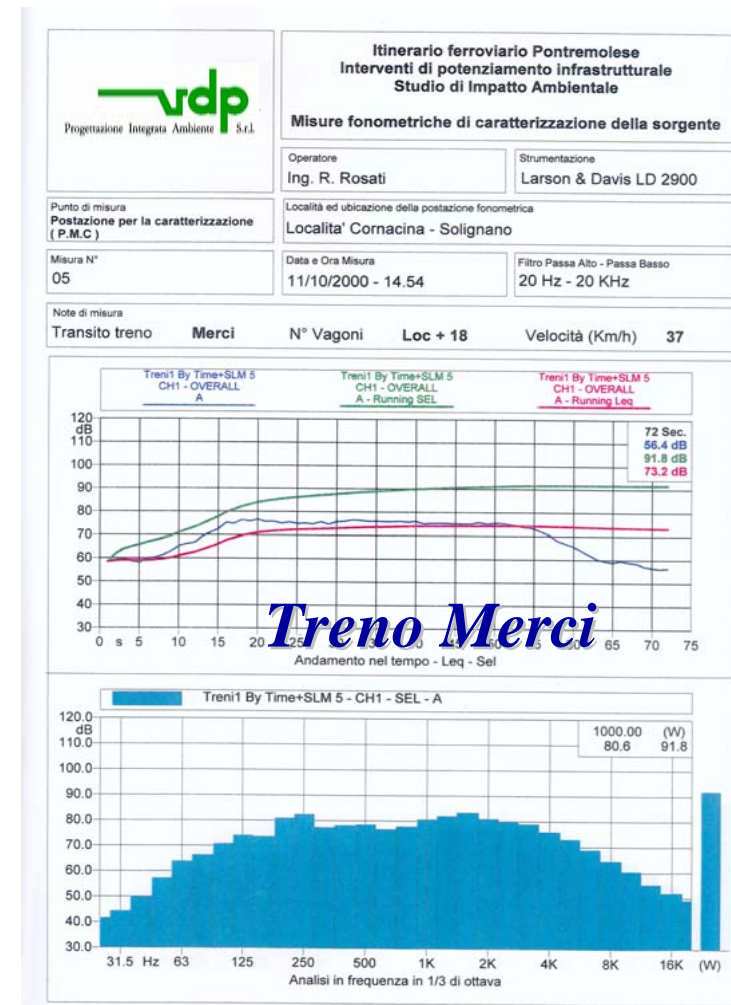
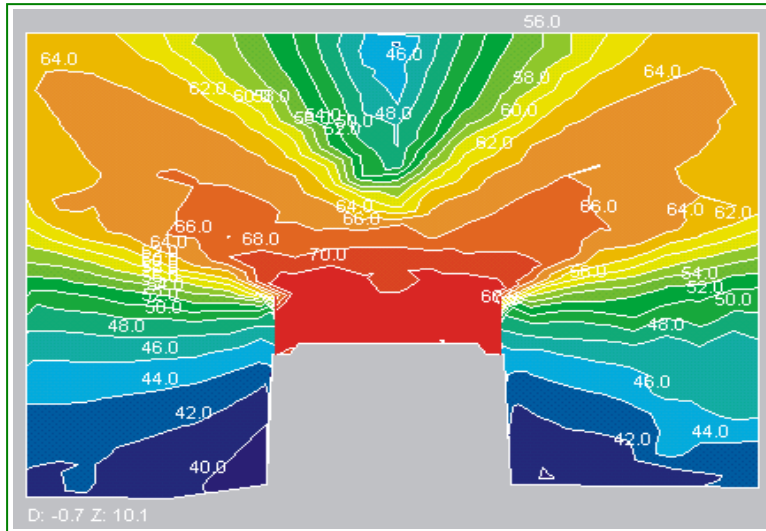
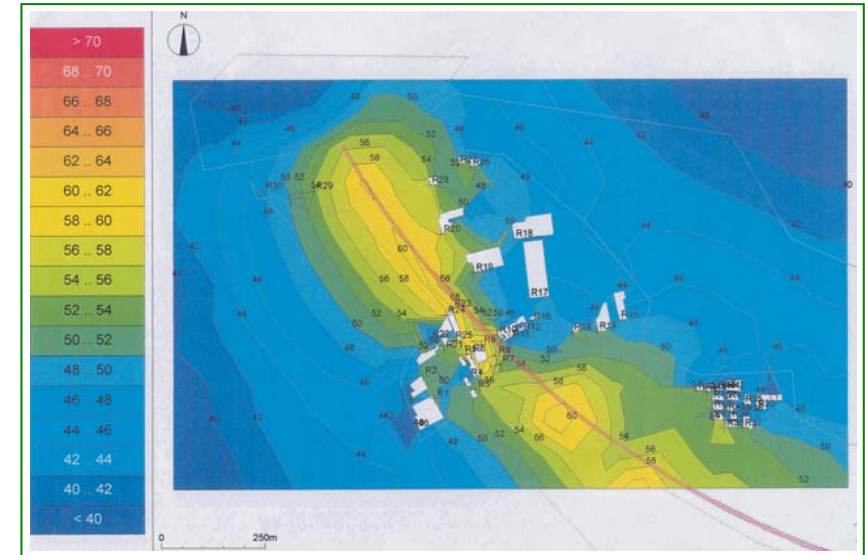


Figura 3

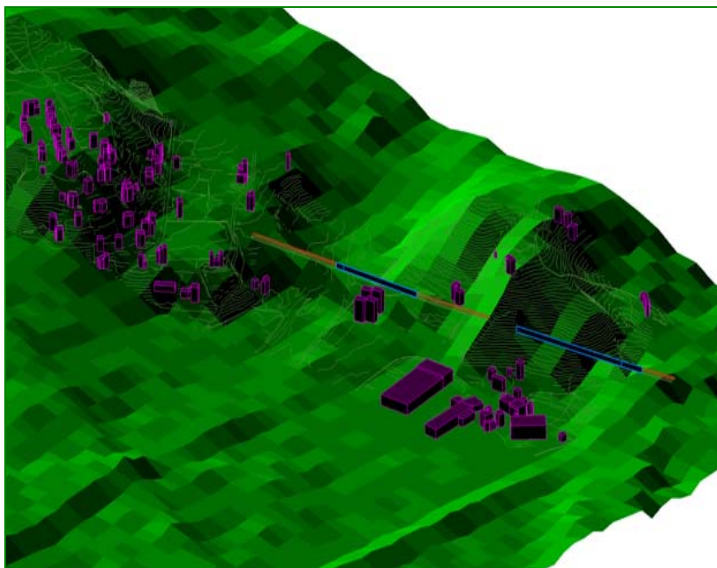
Output grafico del modello di simulazione acustica



SEZIONE
CON
ANDAMENTO
CURVE
ISOFOONICHE



PLANIMETRIA CON ANDAMENTO
CURVE ISOFOONICHE



RAPPRESENTAZIONE
TRIDIMENSIONALE

Figura 4



Figura 5

Rendering

Linea ferroviaria Ancona - Bari (Pescara -M. Silvano)



Figura 6