



**COMUNE DI FORLÌ**

**AREA PIANIFICAZIONE E SVILUPPO DEL TERRITORIO**

**SERVIZIO PIANIFICAZIONE E PROGRAMMAZIONE DEL TERRITORIO**

**UNITÀ PIANIFICAZIONE AMBIENTALE**

**UNITA' PIANIFICAZIONE MOBILITA'**

***PIANO GENERALE DI RISANAMENTO ACUSTICO  
II FASE***

**PIANO PARTICOLAREGGIATO DELLE PRINCIPALI  
SITUAZIONI CRITICHE DEI RICETTORI SENSIBILI  
(STRUTTURE SCOLASTICHE) DAL PUNTO DI VISTA  
ACUSTICO LEGATE AL TRAFFICO URBANO**

**1 FASE ATTUATIVA**

## INDICE

### RELAZIONE TECNICA - ILLUSTRATIVA

#### Introduzione

1. Strategie per il risanamento acustico ambientale
  - 1.1 Pianificazione territoriale ed urbanistica
  - 1.2 Opere di mitigazione acustica
    - barriere acustiche
    - asfalti fonoassorbenti
    - interventi passivi
2. Individuazione delle criticità
3. Valutazione sui flussi di traffico in seguito alla realizzazione del sistema tangenziale

### INTERVENTI DI RISANAMENTO – PRIMA FASE ATTUATIVA

1. Introduzione metodologica
  - \_ Scuola materna Folletto
  - \_ Scuola materna Ronco
  - \_ Scuola media Zangheri
2. Interventi di risanamento – Computo
3. Informativa e partecipazione

### ALLEGATI – PLANIMETRIE

- Mappa aree critiche
- Mappa acustica
- Tavola classificazione acustica
- Mappa flussi di traffico – attuali
- Mappa flussi di traffico – modificati dal nuovo sistema tangenziale
- Mappa classificazione stradale

## INTRODUZIONE

La Legge n. 447 del 26 ottobre 1995 “Legge quadro sull’inquinamento acustico” (art. 2 comma 5) indica che “*le limitazioni alle emissioni sonore sono di natura amministrativa, tecnica, costruttiva e gestionale*”. Relativamente agli interventi di riduzione del rumore di natura amministrativa la Legge fa riferimento all’attività di pianificazione e gestione delle infrastrutture di trasporto (traffico stradale, ferroviario, aeroportuale e marittimo) e alla pianificazione urbanistica.

Con riferimento alle azioni di natura tecnica e costruttiva la Legge Quadro distingue tra interventi attivi (interventi diretti sulla sorgente) e passivi (opere di mitigazione acustica) da adottare lungo la via di propagazione del suono.

La Legge Quadro inoltre fa riferimento all'art. 7 ai piani di risanamento acustico, che sono di competenza comunale, e che devono contenere i seguenti elementi:

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

La Regione Emilia Romagna ha recepito la normativa vigente con una propria Legge (n. 15 del 9/5/2001 “Disposizioni in materia di inquinamento acustico”) in cui rimanda l’individuazione degli obiettivi e delle azioni prioritarie per la tutela dell’inquinamento acustico al Programma regionale per la tutela dell’ambiente (PTRTA). Tali azioni dovranno essere realizzate attraverso i piani di risanamento acustico comunali. Nella tabella 1 si riportano gli obiettivi e le azioni individuati dal Piano di azione ambientale per un futuro sostenibile della Regione Emilia-Romagna.

*Tabella 1 Obiettivi e azioni individuati dal Piano di azione ambientale per un futuro sostenibile della Regione Emilia-Romagna*

| <b>OBIETTIVI</b>   | <b>AZIONI</b>   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantire livelli di rumore tali da non rappresentare pericolo per la salute e la qualità di vita</li> <li>• Promuovere raggiungimento di livelli di qualità per cui non vi sia popolazione esposta a livelli superiori a 65 dBA 8ed esclusione di livelli in ogni caso superiori a 85 dBA)</li> <li>• Promuovere il non superamento della quota di popolazione esposta a livelli inferiori a 55 dBA</li> <li>• Nessun superamento dei valori di attenzione previsti alla lett. G) del comma 1 dell’art. 2 della Legge 447 del 1995</li> <li>• Nessun superamento dei valori di immissione e di emissione delle sorgenti</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promozione piani di riduzione dell’inquinamento acustico</li> <li>• Informazione ed educazione per cambiare comportamenti dei singoli cittadini</li> <li>• Pianificazione e gestione integrata</li> <li>• Promozione miglioramento della qualità ambientale delle infrastrutture</li> <li>• Adozione sistemi di attenuazione passivi e attivi per il traffico</li> <li>• Piani Urbani del Traffico, PGTU, PSC si adeguano agli obiettivi del piano comunale di risanamento acustico</li> </ul> |

## 1. STRATEGIE PER IL RISANAMENTO ACUSTICO AMBIENTALE

Una “soluzione” univoca al problema dell’inquinamento acustico non esiste: il livello di superamento degli standard di comfort acustico è così elevato da obbligare a porsi degli obiettivi intermedi che conducano gradualmente al raggiungimento dei valori di qualità. Tale miglioramento può essere realizzato solamente se si interviene su più fronti: se da una parte è necessario intervenire con opere di mitigazione nelle situazioni più degradate, dall’altra occorre prevenire l’instaurarsi di condizioni di conflitto future: accanto alla progettazione e realizzazione di opere di risanamento acustico occorre agire anche attraverso gli strumenti di pianificazione generali e di settore, nonché attraverso regolamenti locali che consentano di progettare, realizzare e gestire gli spazi urbani in un’ottica di tutela delle varie forme di inquinamento in generale e dall’inquinamento acustico in particolare.

In sintesi gli interventi si possono classificare in tre categorie principali:

- Interventi comportanti una spesa di investimento concretizzabili in opere di mitigazione
- Indirizzi e proposte per altri strumenti di pianificazione territoriale
- Provvedimenti normativi e regolamentari di stampo locale

Di seguito si riportano i principali provvedimenti relativi ai primi due punti.

Le infrastrutture di trasporto su gomma, su ferro ed aereo (ove esistenti) rappresentano le fonti di rumore primarie sulle quali è possibile intervenire attraverso il piano di risanamento. In base ai dati riportati nel Rapporto CEE del 1994, relativamente alle percentuali di popolazione degli Stati membri esposte a differenti classi di livello sonoro prodotto dai vari sistemi di trasporto, emerge che il traffico veicolare stradale è la principale sorgente di rumore in quanto è quella che espone il maggior numero di individui alle classi di rumore più elevate.

Le possibili azioni per il risanamento acustico sono sostanzialmente riconducibili ad interventi di gestione delle infrastrutture di trasporto e l’organizzazione del territorio nell’intorno delle stesse e ad interventi diretti di mitigazione.

Le diverse tipologie di intervento sono riportate nella Tabella 2.

Tabella 2. Tipologie di intervento di risanamento acustico

| PROVVEDIMENTO | PIANIFICAZIONE TERRITORIALE  | INTERVENTI SULLE SORGENTI   | OPERE DI MITIGAZIONE ACUSTICA   |
|---------------|--|---|---|
| <b>AZIONI</b> | <p>Analisi del territorio in modo da limitarne l’uso relativamente alle porzioni caratterizzate da valori elevati di rumore</p> <p>Limitare lo sviluppo di nuove sorgenti sonore</p> | <p>Riduzione dei veicoli circolanti in modo particolare i mezzi pesanti</p> <p>Riduzione della velocità</p> <p>Rinnovo del parco veicolare</p> <p>Rinnovo della flotta dei mezzi di trasporto pubblico e di trasporto e smaltimento rifiuti</p> | <p>Creazione di barriere fonoassorbenti</p> <p>Uso di asfalti fonoassorbenti</p> <p>Potenziamento acustico delle facciate degli edifici</p> |

## 1.1 PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA

Le strategie di intervento per la qualità urbana e per il disinquinamento acustico, trovano a livello di pianificazione urbanistica generale, di attuazione del Piano e di gestione del traffico, la massima potenzialità di intervento consentendo, nel contempo, di minimizzare i costi ambientali.

Sul lungo termine, la pianificazione territoriale è quanto mai efficace poiché consente di prevenire l'insorgere di nuove criticità.

A tale fine la classificazione del territorio comunale per l'applicazione dei valori limite di qualità del rumore, secondo quanto previsto dalla Legge 26/10/1995 n. 447, costituisce un elaborato prescrittivo degli strumenti di pianificazione urbanistica. Le zone nelle quali i livelli sonori rilevati secondo le norme tecniche vigenti risultino superiori ai rispettivi valori limite sono oggetto di Piano di risanamento acustico.

In tal senso si pone la necessità che la disciplina delle trasformazioni urbanistiche ed edilizie concorra a garantire il rispetto dei livelli massimi di esposizione al rumore nel territorio comunale secondo quanto previsto dalla Zonizzazione acustica. Perciò le zone interessate da previsioni insediative contenute nel P.R.G. o secondo altre modalità attuative, ai fini del conseguimento degli obiettivi previsti dalla classificazione del territorio comunale, saranno oggetto di specifiche valutazioni acustiche.

La LR 15/01 ha quale punto di forza l'obiettivo di realizzare una stretta connessione con la normativa relativa alla tutela ed uso del territorio (LR 20/2000 "legge urbanistica"): nel disciplinare il rapporto con gli strumenti urbanistici, assegna infatti ai Comuni la verifica della coerenza delle previsioni degli strumenti della pianificazione urbanistica con la classificazione acustica nell'ambito della VALSAT (valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale) prevista dalla LR 20/2000. In caso di assenza di classificazione acustica il Piano Strutturale Comunale (PSC) assume il valore e gli effetti della classificazione medesima. E' altresì previsto che il PUT (Piano Urbano del Traffico) e gli strumenti urbanistici generali debbano essere adeguati agli obiettivi ed ai contenuti del piano di risanamento acustico comunali. La DGR 2053/01, inoltre, prevedendo una classificazione acustica non solo dello "stato di fatto" (territorio urbanizzato), ma anche delle previsioni urbanistiche non ancora realizzate, fornisce al decisore pubblico un potente strumento per misurare la sostenibilità acustica delle scelte urbanistiche ed al cittadino uno strumento per "leggere" le conseguenze delle scelte effettuate.

In generale dovranno comunque essere rispettate le seguenti indicazioni progettuali:

- Allontanare il più possibile, anche oltre le prescrizioni normative, gli edifici dalle sorgenti di traffico veicolare e ferroviario. Per le infrastrutture di tipo stradale, a seguito del DPR "Regolamento recante disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'art. 11 della L. 26/10/1995, n. 447", si pone la necessità di minimizzare la localizzazione dei nuovi insediamenti all'interno della prima fascia di pertinenza di 100 m relativamente alla tipologia di strada, come da codice della strada, autostrada (A), extraurbana principale (B), extraurbana secondaria (C) ed urbana di scorrimento (D).
- Lo sviluppo urbanistico nell'intorno aeroportuale deve essere regolamentato sulla base delle prescrizioni indicate dal DM 31/10/1997 – Metodologia di misura del rumore

## 1.2 OPERE DI MITIGAZIONE ACUSTICA

### Barriere acustiche

Le barriere fonoassorbenti rappresentano il più noto rimedio contro l'inquinamento acustico in quanto possono raggiungere attenuazioni dell'ordine dei 10 dB.

Tali barriere esplicano la loro azione di protezione solo sugli edifici in ombra rispetto alla sorgente ma, a causa dell'ingombro (l'altezza di una barriera è dell'ordine dei 2-4 m fino a casi estremi di 5-6 m) e dell'impatto visivo, il loro uso è limitato alle strade a grande scorrimento e ai viadotti.

Una barriera antirumore è costituita da un oggetto sufficientemente opaco al suono che viene interposto fra la sorgente e l'ascoltatore in modo tale da intercettare il raggio sonoro diretto; l'energia acustica raggiunge quindi l'ascoltatore per diffrazione e, in misura minore, per trasmissione.

Una barriera è caratterizzata, dal punto di vista acustico:

- Dalle proprietà di assorbimento del suono rappresentate dall'indice di valutazione del potere fonoisolante ( $R_w$ )
- Dalle modalità di diffrazione del bordo superiore e dei bordi laterali

Inoltre la capacità di attenuazione del suono di una barriera è funzione della lunghezza d'onda del suono emesso dalla sorgente; tanto maggiore è la lunghezza d'onda del suono (tipico dei suoni a bassa frequenza) tanto minore è l'efficacia della barriera.

In ambito extraurbano le barriere fonoassorbenti possono trovare una buona applicazione nel mascheramento di importanti arterie di traffico sia stradali che ferroviarie.

In campo urbano è possibile un loro utilizzo per i seguenti scopi:

- Mitigazione dell'inquinamento prodotto da tratti autostradali o circonvallazioni periferiche, viadotti e cavalcavia
- Protezione di aree di particolare pregio, di aree destinate allo svolgimento di attività all'aperto quali parchi pubblici, spazi giochi, zone pedonali

Le barriere antirumore possono essere classificate secondo due principali tipologie:

- Barriere a pannello o artificiali
- Barriere a terrapieno o naturali

#### ***Barriere artificiali***

In generale le barriere antirumore sono costituite da una struttura portante e da pannelli di tamponamento realizzati in materiale fonoassorbente o fonoisolante. Questi presentano differenze sostanziali:

- i pannelli fonoisolanti sono realizzati con materiale rigido, compatto e a superficie liscia quale metallo, vetro, cemento, tendono a riflettere l'energia sonora
- i pannelli fonoassorbenti sono realizzati con materiali porosi, fibrosi e soffici, quali lane di roccia, di vetro o fibre di poliestere, che consentono all'onda sonora di penetrare all'interno e di disperdere la propria energia per attrito negli alveoli e interstizi.

Tale tipologia di barriera è caratterizzata dall'esiguo spazio occupato in larghezza e dalla relativa leggerezza; il carattere artificiale dell'opera impone un preventivo studio di impatto visivo in modo da consentire un idoneo inserimento nel paesaggio.

Di seguito elenchiamo le caratteristiche delle principali tipologie di pannelli utilizzate per realizzare le barriere acustiche artificiali.

#### Pannelli in legno

Tali barriere sono costituite da due pannelli di legno in cui è inserito del materiale fonoassorbente costituito da fibre minerali o di vetro ad alta densità.

Le caratteristiche di questa tipologia di barriera ne permette l'inserimento in particolari contesti paesaggistici con un basso impatto visivo.

Per migliorare la loro durabilità, soprattutto al fine di una loro applicazione in ambienti stradali particolarmente aggressivi, il lato del pannello rivolto verso la sorgente sonora viene sostituito con una lamiera grecata forata in alluminio, mantenendo i pannelli di legno sul lato rivolto ai recettori in modo da garantire un buon impatto visivo.

Tali barriere presentano un indice di fonoisolamento  $R_w = 37$  dB.

Figura 1 Barriera artificiale in legno



### Pannelli trasparenti

I pannelli trasparenti sono realizzati in materiale plastico quale il policarbonato. Questo li rende particolarmente idonei, grazie alla leggerezza della struttura e al minimo ingombro, ad essere utilizzati anche in ambienti urbani e di particolare pregio paesaggistico in quanto non limitano particolarmente la visuale. Ciò porta dei vantaggi anche dal punto di vista della sicurezza in quanto si ha una minor riduzione della visibilità e del rischio di gelo sulle strade.

Un limite nella loro applicazione è rappresentato dalla mancanza di proprietà fonoassorbenti che comporta l'insorgere di un'elevata componente di rumore riflessa la quale può creare problemi in ambienti acusticamente complessi. Attualmente sono in fase di sperimentazione nuove possibili tipologie di pannelli in policarbonato rivolte a ridurre la componente di rumore riflessa; ad esempio una barriera costituita da due pannelli trasparenti separati da un'intercapedine d'aria di cui la lastra rivolta verso la sorgente sonora è opportunamente forata.

I costi di questa soluzione sono in genere medio-alti.

Figura 2 Esempio di barriera fonoassorbente realizzata con pannelli trasparenti



#### Pannelli in plastica riciclata

Sono pannelli per barriere antirumore realizzati utilizzando materie plastiche sia vergini che derivanti da rifiuti industriali e domestici.

I pannelli sono costituiti da una struttura scatolare ottenuta dall'accoppiamento di tre pezzi :

- Un guscio esterno pieno
- Un guscio esterno esposto al rumore forato
- Un'anima centrale costituita da materiale fonoassorbente

L'utilizzo di materie plastiche comporta notevoli vantaggi applicativi quali la minor attitudine alla corrosione, all'abrasione con un conseguente minor costo di manutenzione pur mantenendo elevate prestazioni acustiche (indice di valutazione acustico  $R_w = 32.5$  dB)

Inoltre l'utilizzo di prodotti riciclati ed ecocompatibili comporta un minor impatto ambientale della struttura.



*Figura 3 Pannelli in plastica riciclata*

#### Pannelli in lamiera metallica

Le barriere sono realizzate con pannelli accoppiati di lamiera di metallo, trattati internamente ed esternamente contro la corrosione, al cui interno è inserito del materiale fonoassorbente, generalmente costituito da uno strato di fibre minerali o di vetro ad alta densità. La parete laterale del pannello rivolta verso la sorgente acustica è forata in maniera da attuare l'effetto di fonoassorbenza.

Tale tipologia di barriera trova largo utilizzo ai bordi delle strade di grande scorrimento grazie alla leggerezza della struttura e al basso costo.

*Figura 4 Barriere in lamiera metallica*

#### Pannelli in cotto

Le barriere sono formate da gusci in cotto che possono essere preassemblati in un elemento autoportante al cui interno è alloggiato del materiale fonoassorbente.

Ai fini acustici si ottiene un altissimo isolamento in conseguenza alla notevole massa e all'assorbimento dato dalle lane minerali presenti all'interno del manufatto stesso; per sfruttare le

proprietà di fonoassorbimento della barriera la facciata del manufatto esposta alla sorgente rumorosa presenta una superficie alveolare (fori circolari, quadrati...).

Il valore di isolamento acustico ottenuto è mediamente  $R_w = 50$  dB.

Inoltre le barriere realizzate in cotto, materiale naturale di aspetto simile alle costruzioni, si inseriscono nel contesto urbano con un basso impatto visivo.

### ***Barriere a terrapieno o naturali***

Le barriere naturali o verdi costituiscono una valida soluzione per la mitigazione del rumore indotto da sorgenti esterne in quanto oltre a ciò svolgono molteplici ruoli quali il miglioramento del paesaggio, depurazione chimica dell'atmosfera.

L'azione di riduzione del rumore da parte di una barriera verde è data dall'insieme delle sue parti: sia il fogliame che il terreno contribuiscono con un'azione di assorbimento e di riflessione delle onde sonore.

Le barriere naturali o verdi si distinguono secondo le macrotipologie quinte vegetative e barriere a struttura mista.

#### Quinte vegetative

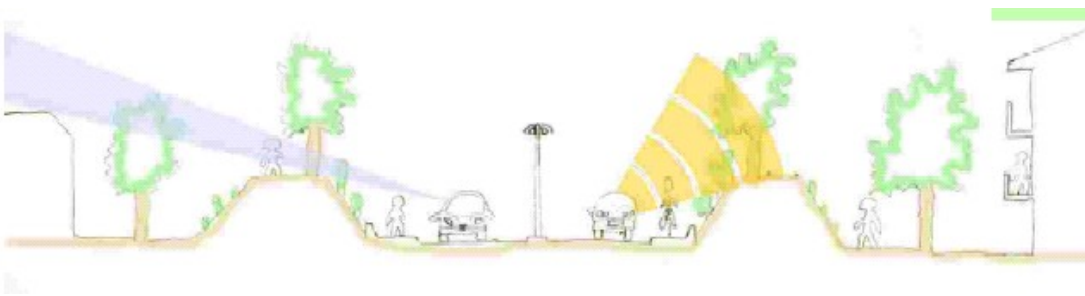
E' una barriera vegetale composta da piantagioni semplici od associazioni complesse di specie arboree, arbustive ed erbacee organizzate in piantagioni lineari (siepi, fasce boscate, alberate, ecc..). Trovano buona applicazione nei casi in cui vi sono ampi spazi a lato dell'infrastruttura viaria.

#### Rilevati con copertura vegetale

Sono barriere costituite da cumuli di terreno opportunamente stratificati e piantumati con essenze arbustive ed erbacee.

Un limite alla loro applicazione risiede nella necessità di ampi spazi a lato della infrastruttura viaria da schermare.

*Figura 5 Esempio di applicazione di rilevati con copertura vegetale*



#### Barriere a struttura mista

Queste tipologie di barriere sono realizzate mediante la combinazione di manufatti artificiali o piantagioni.

Una possibile tipologia di barriere è rappresentata da terre armate rinforzate: sono costituiti da un rilevato in terra, opportunamente stabilizzato con geogriglie metalliche, e piantumato con vegetazione da coltivo.

Un'altra soluzione è data dalla realizzazione di biomuri costituiti da una combinazione di manufatti artificiali quali calcestruzzo, acciaio, plastica e legno e materiale vegetale.

Figura 6 Esempio di biomuro costituito da una base in argilla espansa



### Asfalti fonoassorbenti

Il rumore da rotolamento generato dal traffico stradale è dovuto all'interazione fra pneumatici e fondo stradale ed è funzione di alcuni parametri quali la velocità, il peso dei veicoli e le caratteristiche della superficie stradale.

I fenomeni che concorrono a generare sono i seguenti :

- Rumori di shock, originati dalla messa in vibrazione degli elementi del pneumatico che viene ad urtare la strada a grande velocità durante lo spostamento. Questo rumore è tanto più elevato tanto più la superficie stradale è irregolare (forte macro e mega tessitura:  $0.5 < l < 10$  cm).
- Il fenomeno dell'air-pumping prodotto dalla messa in vibrazione dell'aria prossima alla superficie del pneumatico. Tali compressioni e rilasci dell'aria si traducono in emissione acustica ad alta frequenza.
- Il fenomeno dello «slip and strick»; quando il pneumatico entra in contatto con la sede stradale si deforma e si crea un'adesione tra la gomma e il granigliato, assimilabile ad un effetto ventosa. In uscita dal contatto la gomma è sottoposta ad una successione di aderenze seguita da una rottura delle aderenze che spiega la generazione di rumore.

Questa componente di rumore generata dal traffico stradale diventa importante già a velocità basse perciò un possibile intervento per la sua mitigazione è l'utilizzo di asfalti fonoassorbenti.

Tale tipologia di asfalti sono realizzati con conglomerati porosi (miscela di bitume con aggiunta di polimeri e inerti) in cui si ha una dissipazione dell'energia sonora fra le cavità presenti nel conglomerato stesso (presentano una porosità intorno al 20%).

L'utilizzo di un asfalto fonoassorbente tradizionale dello spessore di 4 cm mediamente porta a una riduzione del livello sonoro di 3 dB(A).

Un limite alla diffusione nell'utilizzo di tale tipologia di intervento è che una loro manutenzione è molto onerosa in quanto si ha una progressiva perdita delle prestazioni acustiche a causa dell'intasamento dei pori da parte del materiale particellare che si deposita sulla superficie stradale. Una possibile soluzione a questo problema è fornita dall'utilizzo di manti stradali a doppio strato costituiti da uno strato superficiale a granulometria fine che svolge funzione di protezione per lo strato sottostante a granulometria grossa che ha prestazioni migliori in termini di riduzione del rumore. Tale tipologia di asfalto fonoassorbente presenta minori esigenze di manutenzione ma ha un

costo iniziale piuttosto elevato.

### Protezione passiva degli edifici

Dove non è possibile intervenire sulla sorgenti di rumore o sul percorso di propagazione rimane la possibilità dell'isolamento delle facciate. Le recenti tendenze architettoniche si basano generalmente su strutture leggere e con ampio uso di superfici vetrate, rendendo così più impegnativo l'intervento di risanamento. È noto infatti che la parte vetrata (massa inferiore) presenta valori più bassi di fonoisolamento rispetto alla struttura muraria e costituisce la parte acusticamente più debole. Per evitare grosse perdite di isolamento acustico delle facciate occorre perciò cercare di adottare, per le finestre, tecniche costruttive e materiali idonei.

Tabella 3 Relazione tra tipologia di finestre e valore di isolamento ottenibile

| Tipo di finestra | caratteristiche  | Isolamento |
|------------------|--|------------|
|                  | leggermente aperta                                     | 10-15      |
| vetro singolo    | sigillata vetro 4 mm                                   | 24         |
|                  | sigillata vetro 6,35 mm                                | 27         |
|                  | sigillata vetro 9,53 mm                                | 30         |
| vetro doppio     | Ventilata  | 15-20      |
|                  | chiusa ma apribile con intercapedine di 200 mm         | 30 -33     |
|                  | sigillata (vetro di 4 mm e intercapedine di 200 mm)    | 40         |
|                  | sigillata (vetro di 6,35 mm e intercapedine di 200 mm) | 42         |

In definitiva, i principali fattori da valutare in relazione al comportamento acustico delle finestre si possono riassumere nei termini seguenti:

- *Peso.* In genere la migliore combinazione resa/convenienza è data da spessori di 4-6 mm; spessori superiori portano ad ulteriori guadagni di non più di 2 dB.
- *Larghezza della cavità tra i doppi vetri.* Il valore preferibile è tra 200 e 300 mm; è comunque indispensabile, per avere un effetto nel fonoisolamento alle medie e alte frequenze, uno spessore di almeno 100 mm.
- *Rivestimento fonoassorbente.* L'applicazione di uno strato di 25 mm di rivestimento fonoassorbente ai bordi della cavità tra le due lastre aumenta l'isolamento medio di circa di 2 dB poiché assorbe l'energia del campo riverberante che si forma all'interno della cavità.
- *Smorzamento:* La vibrazione delle lastre può essere smorzata da un bloccaggio ai bordi mediante l'applicazione di opportune guarnizioni o usando vetri laminati con strati di materiale resiliente; per i doppi vetri è spesso utile usare lastre di spessori diversi per non avere la stessa frequenza di coincidenza o disporre le lastre in modo non parallelo.
- *Separazione meccanica.* Occorre evitare ponti acustici sia tra i vetri che tra i telai delle finestre e le pareti.
- *Chiusura a tenuta.* Occorre eliminare, tra vetro e telaio e tra telaio e parete, ogni fessura che potrebbe derivare da tolleranze eccessive, difetti di lavorazione o di montaggio, stress termico o deterioramento per invecchiamento.
- *Dimensioni del vetro.* Vetri più piccoli subiscono una minor perdita di isolamento nella regione delle frequenze di coincidenza.

## 2. INDIVIDUZIONE DELLE CRITICITA'

Al fine di valutare la sofferenza acustica del territorio sono state definite le aree che presentano delle situazioni potenzialmente critiche in termini di rumore. Confrontando i valori della rumorosità presente sul territorio, stimati mediante l'applicazione del modello di simulazione acustica, con i valori limiti massimi del livello sonoro equivalente relativi alla classe di destinazione d'uso, descritta dalla zonizzazione acustica e definiti dalla Tab. C del D.P.C.M. 14/11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", è stata costruita una carta tematica in cui il territorio è stato classificato in funzione dei diversi livelli di criticità.

Dall'analisi delle aree potenzialmente critiche emerge che il 33% del territorio comunale indagato è caratterizzato da livelli di rumore che accedono i limiti di legge; in particolare però solo il 3% del territorio è caratterizzato da una sofferenza acustica alta o altissima.

Il traffico veicolare rappresenta la principale fonte di inquinamento acustico nelle aree urbane; ciò è dovuto principalmente alla struttura urbanistica dei centri urbani in quanto le infrastrutture stradali stradali sono maggiormente presenti nelle aree dove si ha una maggior densità di popolazione. Anche le misure di rumore effettuate per la costruzione del quadro conoscitivo della classificazione acustica del territorio comunale di Forlì hanno evidenziato **l'assoluta preponderanza della sorgente traffico veicolare nel determinare le situazioni di criticità.**

Per costruire una scala delle priorità delle aree critiche individuate è necessario stimare la popolazione potenzialmente esposta e i relativi livelli di rumore. Si è proceduto accorpando il numero di residenti, noti a livello di singolo civico, per ciascuna area critica distinguendo tra la popolazione che risiede in prossimità di strade urbane di scorrimento o di strade urbane di quartiere. Il valore di immissione nell'area di pertinenza delle strade è definito dal DPR 30 marzo 2004 n. 142 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare a norma dell'art. 11 della legge 26 ottobre 1995 n. 447". Tale valore limite è fissato a 70 dB(A), ad eccezione del caso in cui siano presenti ricettori sensibili quali scuole o strutture sanitarie. Si è proceduto a costruire la mappa delle criticità relativa alle aree di pertinenza degli assai stradali incrociando la mappa acustica, che definisce un valore di rumore stimato sulla base dei flussi che interessano gli assi stradali, con il valore limite di immissione per le strade fissato dal decreto 142/04. Sono state individuate delle aree classificate in base ai livelli di rumore eccedenti i valori limite. In tali aree sono stati individuati circa 18.000 potenziali ricettori, solo 300 però presentano livelli acustici superiori ai limiti compresi tra 10 – 15 dBA (criticità alta).

Confrontando i livelli di rumore descritti dalla mappa acustica con i livelli di rumore fissati come limite per i ricettori sensibili (classe I) risultano critiche le seguenti strutture scolastiche:

1. Scuola elementare "Dante Alighieri"
2. Scuola elementare "Livio Tempesta"
3. Scuola materna "Trottola"
4. Scuola media "Benedetto Croce"
5. Scuola elementare "Edmondo de Amicis"
6. Scuola elementare "D. Fabbri"
7. Scuola elementare "G. Matteotti"
8. Scuola materna – elementare "Peter Pan – D. Peroni"
9. Scuola elementare "A. Saffi"
10. Scuola materna "S. Maria del Fiore"
11. Scuola media "Palmezzano"
12. Scuola elementare "Melozzo"
13. Scuola media "Orceoli"
14. Asilo nido "L'orsetto"
15. Scuola materna "Folletto"
16. Scuola media "Zangheri"

17. Scuola materna “Ronco”

Al fine di risanare queste situazioni di criticità si procederà a redigere piani particolareggiati che individueranno, sulla base dei risultati delle misure del rumore e tramite il modello di simulazione acustica, per ogni edificio scolastico le possibili strategie di risanamento acustico e il capitolato dell'intervento.

### **3. VALUTAZIONE SUI FLUSSI DI TRAFFICO IN SEGUITO ALLA REALIZZAZIONE DEL SISTEMA TANGENZIALE**

La realizzazione del sistema tangenziale della città di Forlì determina una modifica dei flussi di traffico nelle principali strade dei centri abitati.

Le valutazioni dei flussi considerati ai fini del presente piano si riferiscono ad un arco temporale di qualche anno, entro il quale è ipotizzabile il completamento e l'apertura del 1°, 2°, 4° e 5° lotto della Tangenziale Est e dell'Asse d'Arroccamento.

Nelle tabelle riportate sono esplicitate le variazioni in percentuale dei flussi di traffico nelle principali strade del centro abitato. I flussi sulla rete viaria sono stati valutati con l'ausilio di un modello di assegnazione che riproduce, nelle fasce orarie considerate i flussi transitanti sulla rete.

I principali effetti sulle modifiche alla viabilità delle nuove infrastrutture sono riportati nello schema sottostante:

- Incremento di traffico sull'Asse di Arroccamento di 800 – 1000 veic/h per direzione. Nel nuovo tratto il traffico raggiunge valori di 2000 veic/h in entrambe le direzioni
- Significativo calo di traffico sulla circonvallazione interna con riduzioni che variano da 400 a 600 veic/h nella parte nord (Matteotti, Vittorio Veneto, Italia)
- Calo su Viale Bologna (- 250 veic/h in entrambe le direzioni),
- Calo su Via Roma
- Calo su Via Vespucci per effetto dell'apertura del nuovo svincolo in Via Monte S.Michele
- La variante a Via Dell'Appennino (Lotto 5) determina un ulteriore incremento di traffico sulla tangenziale (Lotto 1 e 2)
- Calo di traffico su Via Placucci e lungo la Via Dell'Appennino in direzione centro
- Diminuzione di traffico su Via Risorgimento (- 350 in direzione nord e – 200 in direzione opposta)
- Diminuzione su Via Campo degli Svizzeri/Campo di Marte/Gramsci

Le modifiche dei flussi di traffico simulate sono significative, in ogni caso ai fini dell'impatto acustico non vengono formalmente considerate sia perché tempi di realizzazioni delle infrastrutture non sono certi sia perché siamo in presenza di stime.

E' evidente che nel proseguo dell'iter progettuale e di confronto con i cittadini e gli stakeolder si valuteranno gli effetti della tangenziale sulla base dell'effettivo stato di avanzamento dei lavori, e sulle conseguenti modifiche reale del traffico cittadino.

Tabella 2. modifica dei flussi di traffico negli assi di attraversamento

| STRADA                                  | DIR  | ATTUALE                    | LOTTO 1                   | LOTTO 1,2                 | LOTTO 1,2,5<br>ARR        |
|---|------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|   |      | Vol(0) Scenario<br>attuale | Diff % vol(1) -<br>vol(0) | Diff % vol(2) -<br>vol(0) | Diff % vol(3) -<br>vol(0) |
| <b>Assi di attraversamento Nord/Sud</b> |      |                            |                           |                           |                           |
| Risorgimento                            | nord | 600                        | 0%                        | -25%                      | -50%                      |
|   | sud  | 500                        | 10%                       | -10%                      | -50%                      |
| Placucci                                | nord | 500                        | 0%                        | 100%                      | -40%                      |
|   | sud  | 300                        | 0%                        | 100%                      | -17%                      |
| Campo degli Svizzeri                    | nord | 1100                       | 0%                        | -55%                      | -73%                      |
|   | sud  | 800                        | 6%                        | -25%                      | -50%                      |
| Campo di Marte                          | nord | 800                        | -13%                      | -63%                      | -69%                      |
|   | sud  | 600                        | 0%                        | -33%                      | -50%                      |
| Gramsci                                 | nord | 950                        | -16%                      | -63%                      | -53%                      |
|   | sud  | 600                        | 0%                        | -42%                      | -33%                      |
| Bertini                                 | nord | 850                        | -6%                       | -35%                      | 12%                       |
|   | sud  | 750                        | 0%                        | -20%                      | 13%                       |
| SS310 Bidentina                         | nord | 700                        | -7%                       | -57%                      | -57%                      |
|   | sud  | 400                        | 0%                        | -63%                      | -75%                      |
| Zangheri                                | nord | 1300                       | -23%                      | -50%                      | -58%                      |
|   | sud  | 650                        | -31%                      | -62%                      | -62%                      |

Tabella3 modifica dei flussi di traffico negli assi di penetrazione

| STRADA                                  | DIR  | ATTUALE                    | LOTTO 1                   | LOTTO 1,2                 | LOTTO 1,2,5<br>ARR        |
|---|------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|   |      | Vol(0) Scenario<br>attuale | Diff % vol(1) -<br>vol(0) | Diff % vol(2) -<br>vol(0) | Diff % vol(3) -<br>vol(0) |
| <b>Assi di attraversamento Nord/Sud</b> |      |                            |                           |                           |                           |
| Risorgimento                            | nord | 600                        | 0%                        | -25%                      | -50%                      |
|   | sud  | 500                        | 10%                       | -10%                      | -50%                      |
| Placucci                                | nord | 500                        | 0%                        | 100%                      | -40%                      |
|   | sud  | 300                        | 0%                        | 100%                      | -17%                      |
| Campo degli Svizzeri                    | nord | 1100                       | 0%                        | -55%                      | -73%                      |
|   | sud  | 800                        | 6%                        | -25%                      | -50%                      |
| Campo di Marte                          | nord | 800                        | -13%                      | -63%                      | -69%                      |
|   | sud  | 600                        | 0%                        | -33%                      | -50%                      |
| Gramsci                                 | nord | 950                        | -16%                      | -63%                      | -53%                      |
|   | sud  | 600                        | 0%                        | -42%                      | -33%                      |
| Bertini                                 | nord | 850                        | -6%                       | -35%                      | 12%                       |
|   | sud  | 750                        | 0%                        | -20%                      | 13%                       |
| SS310 Bidentina                         | nord | 700                        | -7%                       | -57%                      | -57%                      |
|   | sud  | 400                        | 0%                        | -63%                      | -75%                      |
| Zangheri                                | nord | 1300                       | -23%                      | -50%                      | -58%                      |
|   | sud  | 650                        | -31%                      | -62%                      | -62%                      |