



DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 23 SETTEMBRE 2013, N. 1339

DLgs 194/2005 “Attuazione della Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale” - Approvazione delle “Linee guida per l’elaborazione dei piani d’azione relativi alle strade ed agli agglomerati della regione Emilia-Romagna”

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 23 SETTEMBRE 2013, N. 1339

DLgs 194/2005 "Attuazione della Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale" - Approvazione delle "Linee guida per l'elaborazione dei piani d'azione relativi alle strade ed agli agglomerati della regione Emilia-Romagna"

LA GIUNTA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

Visti:

- la Legge 26 ottobre 1995 n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico" che stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente dall'inquinamento acustico;

- la Legge regionale 9 maggio 2001, n. 15 "Disposizioni in materia di inquinamento acustico" che stabilisce le modalità per la realizzazione della classificazione acustica del territorio e dei piani di risanamento acustico;

- la Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e gestione del rumore ambientale che introduce nuove definizioni e nuovi descrittori acustici ai fini della prevenzione e riduzione degli effetti nocivi dell'esposizione al rumore ambientale della popolazione;

- il DLgs. 194/2005 recante "Attuazione della Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione del rumore ambientale" che prevede:

- l'elaborazione e l'adozione di piani d'azione, per evitare e ridurre il rumore ambientale;

- di assicurare l'informazione e la partecipazione del pubblico in merito al rumore ambientale ed ai relativi effetti;

Richiamato in particolare del citato decreto 194/2005 l'articolo 4, il quale stabilisce che le autorità individuate dalla Regione, tenuto conto dei risultati delle mappature acustiche e delle mappature acustiche strategiche, elaborino e trasmettano alla Regione i piani d'azione, di cui al comma 5, predisposti in conformità ai requisiti minimi stabiliti dall'Allegato 5 e corredati delle previste informazioni di cui all'Allegato 6;

Dato atto che:

- con propria deliberazione n. 591/2006, la Regione ha provveduto all'individuazione degli agglomerati con più di 250.000 abitanti, identificando il territorio del comune di Bologna e quello dei comuni di Calderara di Reno, Casalecchio di Reno, Castel Maggiore, Pianoro, San Lazzaro di Savena e Zola Predosa, nell'agglomerato di Bologna, stabilendo che la mappa acustica strategica deve essere realizzata in forma coordinata con il comune capoluogo;

- con la medesima deliberazione n. 591/2006, la Regione ha altresì acquisito le informazioni pervenute dalle Province, relative agli archi stradali delle infrastrutture di competenza con flussi di traffico superiori a 6.000.000 di veicoli/anno, nonché quelli con flussi compresi fra i 3.000.000 ed i 6.000.000 di veicoli/anno;

- con propria deliberazione n. 1287/2008 la Regione ha provveduto ad individuare nel Comune di Bologna l'autorità competente cui sono demandati gli adempimenti previsti dagli artt. 3 e 4 del DLgs 194/2005;

- con propria deliberazione n. 1369/2012:

- è stata confermata la designazione di autorità competente dei Comuni di Piacenza, Parma, Reggio Emilia, Modena, Ferrara,

Ravenna, Forlì e Rimini per i rispettivi agglomerati, coincidenti con il territorio comunale;

- è stata confermata la modifica della composizione numerica dell'agglomerato di Bologna, escludendo i comuni di Pianoro e Zola Predosa, attesa la scarsa rilevanza della popolazione esposta relativa a tali comuni;

- è stato approvato l'elaborato relativo alle "Linee guida per l'elaborazione delle mappature acustiche e delle mappe acustiche strategiche relative alle strade provinciali ed agli agglomerati della regione Emilia-Romagna";

- è stato disposto che con successivo atto della Regione siano fornite indicazioni alle amministrazioni interessate sulla elaborazione dei piani d'azione per gli agglomerati e per le infrastrutture stradali in ambito regionale;

Considerato che:

- al fine di individuare e condividere un'unica metodologia a livello regionale sia per la realizzazione delle mappature acustiche delle infrastrutture stradali in ambito regionale sia della mappa acustica strategica dell'agglomerato di Bologna, propedeutiche alla predisposizione dei piani d'azione ed alle successive verifiche quinquennali, sulla base dei requisiti minimi conformi al DLgs 194/05, inclusa l'integrazione e l'armonizzazione delle procedure già applicate in ottemperanza alla legislazione italiana precedente (L. n. 447/95 e suoi decreti attuativi), in data 19 dicembre 2006 è stata sottoscritta una Convenzione tra Regione Emilia-Romagna, Comune di Bologna ed ARPA - Sezione provinciale di Bologna;

- oggetto della Convenzione, il cui schema è stato approvato con deliberazione della Giunta regionale n. 1536 del 6 novembre 2006, è il raggiungimento dell'obiettivo condiviso attraverso l'attuazione di un progetto, organizzato in tre fasi:

- **la fase I:** relativa alla organizzazione del progetto, al reperimento dei dati ed alla individuazione del modello per lo sviluppo delle fasi successive;

- **la fase II:** relativa alla elaborazione delle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche;

- **la fase III:** relativa alla definizione dei criteri per passare dalle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche ai piani d'azione ed alla loro predisposizione;

Valutato che:

- in coerenza con quanto enunciato nella citata convenzione, nell'attuazione delle fasi I e II del progetto è stato richiesto un qualificato supporto tecnico scientifico al Dipartimento di Ingegneria Energetica, Nucleare e del Controllo Ambientale - DIENCA della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna (D.D.G. n. 18081 del 22 dicembre 2006 e D.D.G. n. 15938 del 30 novembre 2007), per lo svolgimento di uno studio corrispondente agli obiettivi ed alle motivazioni citate, in grado di valutare, di concerto con i soggetti coinvolti, le metodologie più idonee per rispondere agli adempimenti comunitari;

- con deliberazione n. 1820 del 16 novembre 2009 si è proceduto alla "Integrazione alla Convenzione tra Regione Emilia-Romagna, Comune di Bologna e ARPA, per la realizzazione delle mappature acustiche delle infrastrutture stradali provinciali e della mappa acustica strategica dell'Agglomerato di Bologna - III fase, ai sensi del DLgs 194/2005 (D.G.R. nn. 1536/2006, 291/2007, 1988/2007, 1437/2008)", con la quale è stata dettagliata e strutturata la fase III del progetto;

- la suddetta fase III, prevede, tra l'altro, la stesura delle

linee guida per l'elaborazione delle mappature acustiche, approvate con propria deliberazione n. 1369/2012, e delle linee guida per l'elaborazione dei piani d'azione, oggetto della presente deliberazione, relative alle infrastrutture stradali in ambito regionale ed agli agglomerati;

Le linee guida sono elaborate tenendo conto delle risultanze delle fasi I, II e III dell'intero progetto;

Dato atto che:

- la già citata deliberazione n. 1820 del 16 novembre 2009 stabilisce che la Regione Emilia-Romagna effettui il necessario confronto con le autorità competenti, l'ARPA e gli altri enti interessati, provvedendo poi alla adozione delle linee guida con un formale atto di indirizzo;

- le linee guida elaborate dal DIENCA sono state oggetto di approfonditi confronti per raccogliere le osservazioni e che dette osservazioni, conservate agli atti del Servizio Risanamento Atmosferico, Acustico, Elettromagnetico, sono state considerate nella stesura finale delle linee guida;

Richiamate, altresì, le proprie seguenti deliberazioni:

- n. 1057/2006 "Prima fase di riordino delle strutture organizzative della Giunta regionale. Indirizzi in merito alle modalità di integrazione interdirezionale e di gestione delle funzioni trasversali";

- n. 1663/2006 "Modifiche all'assetto delle Direzioni generali della Giunta e del Gabinetto del Presidente";

- n. 1720/2006 "Conferimento degli incarichi di responsabilità delle Direzioni generali della Giunta regionale;

- n. 2416/2008 del 29 dicembre 2008, esecutiva ai sensi di legge, recante "Indirizzi in ordine alle relazioni organizzative e funzionali tra le strutture e sull'esercizio delle funzioni dirigenziali. Adempimenti conseguenti alla delibera 999/2008. Adeguamento e aggiornamento della delibera 450/2007" e s.m.;

- n. 1173/2009 "Approvazione degli atti di conferimento degli incarichi di livello dirigenziale (decorrenza 1/8/2009)";

Dato atto del parere allegato;

Su proposta del Presidente,

A voti unanimi e palesi

delibera:

1) di approvare le "Linee guida per l'elaborazione dei piani d'azione relativi alle strade ed agli agglomerati della regione Emilia-Romagna", allegate e parte integrante della presente deliberazione;

2) di ribadire che i soggetti individuati quali autorità competenti per gli agglomerati e i gestori di assi stradali principali, provvedano a comunicare per iscritto al Servizio Risanamento Atmosferico, Acustico, Elettromagnetico il nominativo del referente per la gestione delle attività di adempimento delle disposizioni di cui al DLgs 194/05;

3) di pubblicare il testo integrale del presente atto nel Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna.



**LINEE GUIDA PER L'ELABORAZIONE DEI PIANI D'AZIONE
RELATIVI ALLE STRADE ED AGLI AGGLOMERATI DELLA
REGIONE EMILIA-ROMAGNA**

Direzione Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa

Servizio Risanamento Atmosferico, Acustico, Elettromagnetico

Viale della Fiera, 8 - 40127 Bologna

Sommario

1.	INQUADRAMENTO GENERALE	5
1.1	Scopo e campo d'applicazione	5
1.2	Sintetico inquadramento normativo	5
1.3	Riferimenti metodologici	8
2.	IL PIANO D'AZIONE	10
2.1	Obiettivi e benefici principali	10
2.2	Le fasi di elaborazione del piano d'azione	10
2.3	Contenuti e tipologia	18
2.4	Durata	21
2.5	Piani d'azione e piani di risanamento	21
3.	IL PROCESSO DI ELABORAZIONE DEL PIANO D'AZIONE IN PRATICA	25
3.1	Fase 1 – Individuazione e coinvolgimento degli stakeholder	27
3.1.1	Finalità	27
3.1.2	Attuazione	27
3.2	Fase 2 - Informazione e consultazione del pubblico	30
3.2.1	Finalità	30
3.2.2	Definizione di pubblico	31
3.2.3	Quantificazione e percezione del rumore	31
3.2.4	Consultazione del pubblico per i piani d'azione e valutazione ambientale strategica	32
3.2.5	Tempistica di informazione e consultazione	33
3.2.6	Contenuti e obiettivi	34
3.2.7	Fonti e strumenti	35
3.2.8	Disponibilità e mantenimento dei dati	35
3.2.9	Raccolta delle osservazioni	36
3.2.10	Resoconto delle consultazioni	36
3.3	Fase 3 - Pianificazione strategica preliminare	36
3.3.1	Finalità	36
3.3.2	Individuazione delle aree critiche	36
3.3.3	Ricettori sensibili	37
3.3.4	Valutazioni puramente quantitative e soundscape	38
3.3.5	Individuazione delle zone silenziose	39
3.3.6	Definizione dell'ambito di intervento	41
3.3.7	Ricognizione degli indirizzi di pianificazione	43
3.3.8	Individuazione delle soluzioni praticabili	43
3.4	Fase 4 - Definizione del piano d'azione	44
3.4.1	Finalità	44
3.4.2	Valutazioni costi e benefici	44
3.4.3	Selezione degli interventi per area	44
3.4.4	Definizione ed approvazione del piano	46
3.4.5	Rilevanza delle scelte gestionali nel piano d'azione	46
3.5	Fase 5 - Attuazione del piano d'azione	47
3.6	Fase 6 - Monitoraggio del piano d'azione	47
4.	APPENDICE A – SUI VALORI LIMITE DI LEGGE	48
4.1	I valori limite di legge nella legislazione italiana	48
4.2	I valori limite di legge per l'elaborazione dei piani d'azione	49
5.	APPENDICE B – INDICATORI DI CRITICITA'	54
5.1	Individuazione di un indicatore di criticità	54
5.1.1	Indicatore di priorità (criticità) P del D.M. 29/11/2000	54
5.1.2	Indicatore di criticità ECU _{den}	56
6.	APPENDICE C – INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITA'	62
6.1	Metodi per l'individuazione delle criticità	62
6.1.1	Generalità	62
6.1.2	Infrastrutture di trasporto principali	63
6.1.2.1	Generalità	63
6.1.2.2	Determinazione dei livelli di rumore ai ricettori nell'area oggetto di studio	63
6.1.2.3	Individuazione dei conflitti esistenti (superamento dei limiti)	64
6.1.2.4	Individuazione e caratterizzazione delle criticità	64
6.1.3	Agglomerati urbani	66

6.1.3.1	Generalità	66
6.1.3.2	Determinazione dei livelli di rumore ai ricettori nell'area oggetto di studio	66
6.1.3.3	Individuazione dei conflitti esistenti (superamento dei limiti)	66
6.1.3.4	Individuazione e caratterizzazione delle criticità	66
7.	APPENDICE D – SOLUZIONI PRATICABILI	69
7.1	Generalità	69
7.2	Criteri per l'individuazione delle soluzioni praticabili	70
7.2.1	Interventi diretti sulla sorgente	71
7.2.1.1	Infrastrutture stradali	71
7.2.1.2	Infrastrutture ferroviarie	73
7.2.1.3	Aeroporti	76
7.2.1.4	Attività industriali	78
7.2.2	Interventi sulla propagazione (barriere)	78
7.2.3	Interventi sul ricettore	80
7.2.4	Pianificazione territoriale e urbanistica	82
7.2.4.1	Classificazione acustica del territorio	82
7.2.4.2	Interventi sulla distanza sorgente-ricettore	83
7.2.4.3	Progettazione edilizia	84
7.3	Stime sommarie per alcune soluzioni praticabili	86
8.	APPENDICE E – VALUTAZIONI COSTI E BENEFICI E PUNTEGGI DI PRIORITA'	89
8.1	Valutazione dei costi	89
8.1.1	Valutazione dei costi di investimento e di esercizio delle opere	89
8.1.2	Valutazione dei costi sociali associati a ciò che l'opera può determinare	90
8.2	Valutazione dei benefici	90
8.2.1	Introduzione	90
8.2.2	Quantificazione del beneficio sulla base dei ricettori trattati	92
8.2.3	Quantificazione del beneficio sulla base degli effetti del rumore	92
8.2.4	Monetizzazione dei costi socio-economici del rumore	92
8.2.5	Raccomandazioni del gruppo di lavoro su "Health and socio-economic aspects"	93
8.3	Punteggi di priorità	94
8.3.1	Obiettivi	94
8.3.2	Requisiti generali per l'uso dei punteggi di priorità	95
8.3.3	Punteggi di priorità basati su criteri di gravità	96
8.3.4	Punteggi di priorità basati su criteri di efficienza	97
8.3.5	Punteggi di priorità basati su criteri di efficacia	98
9.	APPENDICE F – ESEMPIO DI DETERMINAZIONE DEI CONFLITTI, DELLE CRITICITA' E DEGLI INTERVENTI	100
9.1	Introduzione	100
9.2	Individuazione dei conflitti esistenti	100
9.2.1	Realizzazione della carta dei limiti	100
9.2.2	Valutazione dei conflitti su aree di territorio	102
9.2.3	Valutazione dei conflitti sui singoli edifici	103
9.3	Individuazione e caratterizzazione delle criticità	104
9.4	Interventi di mitigazione acustica	110
10.	APPENDICE G - RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	115
10.1	Disposizioni legislative nazionali	115
10.2	Altri documenti nazionali	116
10.3	Disposizioni legislative regionali	116
10.4	Documenti dell'Unione Europea	116
10.5	Norme tecniche	118
10.6	Progetti europei, report EEA	120
10.7	Letteratura scientifica e tecnica	121
10.8	Esempi di buona pratica	122

Direttore generale: Giuseppe Bortone

Gruppo di lavoro:

- Alfonso Albanelli, Tanya Fontana (Regione Emilia-Romagna - coordinamento)
- Massimo Garai (Università di Bologna - DIENCA - responsabile scientifico)
- Giovanni Fini (Comune di Bologna - collaborazione tecnica)
- Maurizio Poli, Anna Callegari (ARPA - collaborazione tecnico-scientifica)

Collaboratori:

- Dario Fattori (Università di Bologna - DIENCA - collaborazione tecnica)

La riproduzione dei contenuti delle presenti linee guida è consentita, purché sia citata la fonte

1. INQUADRAMENTO GENERALE

1.1 *Scopo e campo d'applicazione*

Le presenti linee guida si propongono come strumento tecnico di supporto alle attività di elaborazione dei piani d'azione per le infrastrutture stradali principali di competenza regionale e per gli agglomerati ai sensi del D. Lgs. 194/05 [1], definendo criteri e modalità omogenee sul territorio regionale.

Esse forniscono ai soggetti responsabili delle attività di pianificazione e risanamento acustico uno strumento tecnico operativo che esplicita i principi generali individuati dalla legislazione vigente in merito alla produzione degli elaborati, individuando le modalità tecniche applicative per la loro implementazione.

1.2 *Sintetico inquadramento normativo*

Il quadro normativo a cui si riferiscono le presenti linee guida è alquanto complesso, e viene riportato nel seguito in breve sintesi.

Il D.P.C.M. 1 marzo 1991 [2] introduce per la prima volta in Italia dei valori limite massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

La Legge 26 ottobre 1995, n. 447 [3], "Legge quadro sull'inquinamento acustico" stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela degli ambienti abitativi e dell'ambiente esterno dall'inquinamento acustico. A questi principi è stata data attuazione mediante una serie di decreti successivi, quali per esempio [4], [5], [6], [7], [8], [9], di cui nel seguito si sintetizzano i contenuti. Tra l'altro la Legge 447/95 disciplina le competenze in materia dello Stato, delle Regioni, delle Province e dei Comuni.

Il D.P.C.M. 14 novembre 1997 [5] introduce la classificazione acustica del territorio e formula nuovi valori limite di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno. Si distinguono valori limite assoluti di emissione, valori limite assoluti di immissione e valori limite differenziali di immissione, nonché valori di attenzione e valori di qualità. La grandezza di riferimento da confrontare con i valori limite è il livello di pressione sonora continuo equivalente in scala di ponderazione "A", L_{Aeq} . Questo deve essere valutato nei due periodi diurno (ore 06-22) e notturno (ore 22-06).

Il D.M. 16 marzo 1998 [6] stabilisce le tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento da rumore, in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera c), della Legge 447/95.

Il D.M. 31 ottobre 1997 [4], prescrive a) la metodologia di misura del rumore aeroportuale, b) le procedure per l'adozione di misure di riduzione del rumore aeroportuale; inoltre definisce i criteri di individuazione delle zone di rispetto per le aree e le attività aeroportuali nonché i criteri che regolano l'attività urbanistica nelle zone di rispetto. Viene

introdotto uno specifico indicatore, il livello di valutazione del rumore aeroportuale, L_{VA} , ed il periodo diurno è esteso, solo per le sorgenti di rumore aeroportuale, dalle ore 06 alle 23.

Il D.P.R. 18 novembre 1998, n. 459 [7], stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore avente origine dall'esercizio delle infrastrutture ferroviarie e delle linee metropolitane di superficie, con esclusione delle tramvie e delle funicolari, definendo fra l'altro fasce di pertinenza all'interno delle quali vigono specifici valori limite assoluti di immissione del rumore ferroviario.

Il D.P.R. 30 marzo 2004, n. 142 [9], stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore avente origine dall'esercizio delle infrastrutture stradali, definendo fra l'altro fasce di pertinenza all'interno delle quali vigono specifici valori limite assoluti di immissione del rumore stradale.

Il D.M. 29 novembre 2000 [8] stabilisce i criteri tecnici per la predisposizione da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore prodotto nell'esercizio delle infrastrutture stesse.

Con la legge regionale 9 maggio 2001, n. 15 [14], "Disposizioni in materia di inquinamento acustico", la Regione Emilia-Romagna, in attuazione dell'art. 4 della L. 447/95, detta norme per la tutela della salute e la salvaguardia dell'ambiente esterno ed abitativo dalle sorgenti sonore.

La D.G.R. del 9 ottobre 2001, n. 2053 [15], stabilisce criteri e condizioni per la classificazione acustica nel territorio ai sensi del comma 3 dell'art. 2 della L.R. 15/01.

La D.G.R. del 21 gennaio 2002, n. 45 [16], definisce gli indirizzi agli Enti locali per il rilascio delle autorizzazioni in deroga per lo svolgimento delle attività rumorose temporanee, ai sensi del comma 1 dell'art. 11 della L.R. 15/01.

La D.G.R. del 14 aprile 2004, n. 673 [17], stabilisce i criteri tecnici per la redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e della valutazione del clima acustico ai sensi della L.R. 15/01.

La direttiva europea 2002/49/CE [20], relativa alla determinazione e gestione del rumore ambientale, introduce nuove definizioni e nuovi descrittori acustici ai fini della prevenzione e riduzione degli effetti nocivi dell'esposizione al rumore ambientale della popolazione.

La motivazione che ha spinto all'emanazione di questa direttiva risiede nel fatto che da tempo la Commissione Europea indica il rumore come una delle maggiori fonti di inquinamento in Europa. Per far fronte a tale problematica, in un ambito più generale di attenzione e tutela della salute pubblica e dell'ambiente, la Commissione Europea ha quindi deciso nel 2002 di emanare la direttiva 2002/49/CE - brevemente detta END [20] - con l'intento di valutare lo stato di inquinamento acustico del territorio e l'esposizione della popolazione e sviluppare dei piani d'azione coordinati per il contenimento del rumore ambientale e la preservazione delle zone silenziose, sulla base di criteri comuni ai diversi Stati Membri. Il

perseguimento di tali obiettivi presuppone la definizione di descrittori e metodi di valutazione armonizzati, nonché l'individuazione di opportuni criteri da adottare per la determinazione e restituzione degli elaborati (mappature acustiche e piani d'azione).

Per la prevenzione e la riduzione degli effetti nocivi dell'esposizione al rumore ambientale la END prevede l'attuazione di alcune azioni successive:

- determinazione dell'esposizione al rumore ambientale mediante la mappatura acustica realizzata sulla base di metodi e determinazioni comuni agli Stati Membri;
- informazione al pubblico in merito al rumore ambientale ed ai relativi effetti;
- adozione da parte degli Stati Membri di piani d'azione per l'abbattimento del rumore e la preservazione delle aree silenziose, basati sui risultati derivanti dalla mappatura acustica;
- costituzione di una base dati per lo sviluppo di misure comunitarie di contenimento del rumore generato dalle principali sorgenti, in particolare veicoli di trasporto e relative infrastrutture, che consentano alla Commissione la predisposizione di proposte legislative da presentare al Parlamento Europeo.

La descrizione del clima acustico sul territorio è ricondotta all'elaborazione di mappe acustiche, nelle quali sono riportati i valori raggiunti da alcuni indicatori di rumore specifici, l'eventuale superamento dei limiti di pertinenza vigenti e il numero di persone e di abitazioni esposte a determinati valori del descrittore in questione. Gli indicatori individuati sono il livello di rumore giorno-sera-notte, L_{den} , ed il livello di rumore notturno, L_{night} . Viene lasciata una certa libertà agli Stati Membri nella determinazione dei periodi diurno, serale e notturno.

Le azioni di tutela dall'esposizione a rumore così determinata sono sintetizzate nei piani d'azione, che possono essere intesi sia come strumenti strategici di individuazione delle linee generali d'azione, in rapporto anche agli altri strumenti di governo del territorio, sia come piani operativi che specificano le azioni ritenute necessarie, i benefici attesi, i costi previsti.

La direttiva europea è stata recepita con il D. Lgs. 194/05 [1], pubblicato in data 23 settembre 2005, recante "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione del rumore ambientale". Esso prevede:

1. l'elaborazione della mappatura acustica e delle mappe acustiche strategiche per determinare quale sia l'esposizione del rumore ambientale;
2. l'elaborazione e l'adozione di piani d'azione, per evitare e ridurre il rumore ambientale;
3. di assicurare l'informazione e la partecipazione del pubblico in merito al rumore ambientale ed ai relativi effetti.

Quanto sopra vale per agglomerati ed infrastrutture di trasporto principali, fissando tempistiche differenziate in base, rispettivamente, a numero di abitanti e traffico annuo.

I periodi diurno, serale e notturno sono stabiliti per l'Italia rispettivamente come: ore 06-20, ore 20-22 e ore 22-06.

A seguito del recepimento della END con il D. Lgs. 194/05, lo Stato italiano si è impegnato a fornire alla Commissione Europea, nei tempi e nei modi in essa stabiliti, le mappe acustiche e le mappe acustiche strategiche ed a sviluppare dei piani d'azione coordinati per il contenimento del rumore ambientale sulla base di criteri comuni ai diversi Stati Membri.

Le mappe acustiche e mappe acustiche strategiche costituiscono la base su cui redigere i piani d'azione, ossia i piani destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti, compresa la riduzione del rumore, nei modi e nei tempi stabiliti dalle autorità competenti.

Il recepimento della direttiva da parte dello Stato italiano ha come conseguenza l'adeguamento della normativa nazionale vigente ai principi comunitari da essa individuati e rappresenta il primo passo verso un più complesso processo di armonizzazione, che prevede l'emanazione di una serie di decreti attuativi attraverso i quali provvedere nel tempo all'adeguamento dei regolamenti vigenti, anche in relazione alle future indicazioni e raccomandazioni della Commissione. A tal fine il D. Lgs. 194/05 [1] prevede quanto segue:

- all' art. 5 comma 2: l'emanazione di un decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri per la conversione dei valori limite previsti nella legge 447/95 in valori dei nuovi descrittori introdotti dal D. Lgs. 194/05;
- all'art. 6 comma 2: l'emanazione di un decreto ministeriale contenente criteri aggiuntivi per stabilire gli effetti nocivi dell'inquinamento acustico;
- all'art. 10 comma 3: l'emanazione di un decreto ministeriale con le modifiche necessarie per coordinare con le disposizioni del D. Lgs. 194/05 la normativa vigente in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico adottata ai sensi dell'articolo 3, comma 1, della legge 447/95;
- all'art. 10 comma 4: l'emanazione di un decreto del Presidente della Repubblica con le modifiche necessarie per coordinare con le disposizioni del D. Lgs. 194/05 la normativa vigente in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico adottata ai sensi dell'articolo 11 della legge 447/95.

In conformità a quanto previsto all'art. 7 del citato D. Lgs. 194/05, la Regione Emilia-Romagna, attraverso l'emanazione di specifiche delibere, ha provveduto a fare quanto necessario per lo svolgimento del primo ciclo di attuazione del D. Lgs. 194/05.

1.3 Riferimenti metodologici

Le presenti linee guida sintetizzano molte considerazioni e scelte metodologiche scaturite dall'esperienza compiuta nello svolgimento del primo ciclo di attuazione del D. Lgs. 194/05 in Emilia-Romagna, al fine di fornire un riferimento a coloro che devono intraprendere i

successivi cicli di elaborazione ed attuazione dei piani d'azione previsti dalla legislazione vigente per agglomerati urbani e assi stradali principali.

I riferimenti metodologici disponibili in materia sono sostanzialmente di quattro tipi:

1. i riferimenti di legge obbligatori (vedere la parte 5 – Riferimenti bibliografici);
2. le *Good Practice Guide* pubblicate dalla Commissione Europea [28], [32] e le linee guida elaborate nell'ambito di progetti europei, tra le quali spicca il *Practitioner handbook for local noise actions plans* elaborato nell'ambito del progetto *Silence* [77];
3. le linee guida ai piani d'azione pubblicate da UNI: UNI/TR 11327 [40];
4. comunicazioni presentate a congressi scientifici da tecnici coinvolti in analoghe attività di redazione di piani d'azione in altre regioni o altri stati (vedere il capitolo 5 – Riferimenti bibliografici).

2. IL PIANO D'AZIONE

2.1 *Obiettivi e benefici principali*

Un piano d'azione ha lo scopo di evitare ed abbattere il rumore, migliorando la situazione in aree dove l'esposizione dei residenti è ritenuta eccessiva e proteggendo le aree relativamente quiete e le zone ricreative in ambienti rurali ed urbani. Dunque un piano d'azione tende a:

- proteggere la salute ed il benessere degli abitanti;
- migliorare la qualità della vita nelle aree urbane, in particolare nelle abitazioni, aiutando ad evitare eccessive migrazioni in aree suburbane con tutte le conseguenze negative per le aree più centrali;
- incrementare il potenziale attrattivo delle aree protette, sia per affari che per turismo.

I piani d'azione aiutano a strutturare e dare priorità alle misure di abbattimento acustico, mediante valutazioni globali della situazione acustica e dei conflitti risultanti, valutazioni trasparenti delle priorità, coinvolgimento dei portatori di interessi e del pubblico.

La formalizzazione delle misure contro il rumore nei piani d'azione favorisce il coordinamento con gli obiettivi e le strategie contemplati negli strumenti di sviluppo urbano, quali la pianificazione territoriale, il miglioramento della qualità dell'aria, la promozione di modalità di trasporto ecosostenibili, la rivitalizzazione dei centri urbani, ecc.

Idealmente, la predisposizione di un piano d'azione contro il rumore è un processo strutturato ed aperto che tende a:

- sottoporre i risultati della mappatura acustica ad una valutazione quantitativa e qualitativa per individuare i punti critici (*hot spot*) e stabilire le priorità d'intervento;
- coinvolgere tutte le autorità locali, altri portatori d'interesse ed il pubblico nel processo di valutazione;
- connettere il processo di elaborazione del piano d'azione con altri piani e strategie locali;
- sviluppare le soluzioni ai problemi di rumore in accordo con le autorità locali, gli altri portatori d'interesse ed il pubblico;
- implementare le misure contro il rumore scelte con il supporto di tutti gli attori coinvolti.

2.2 *Le fasi di elaborazione del piano d'azione*

La struttura e l'impostazione generale di un piano d'azione sono state definite basandosi sulla UNI 11327 [40], sul *Practitioner handbook* elaborato nell'ambito del progetto europeo *Silence* [77] e sull'esperienza compiuta nel primo ciclo di applicazione del D. Lgs. 194/05 [1] relativamente alle strade provinciali dell'Emilia-Romagna percorse da flussi di traffico superiori a 6.000.000 di veicoli all'anno e all'agglomerato urbano di Bologna.

Preliminarmente è bene sottolineare che esistono due tipologie base di piano d'azione, entrambe conformi alla legislazione vigente, ma caratterizzate da un diverso livello di definizione degli interventi pianificati [40], il piano d'azione "strategico" ed il piano d'azione "progettuale" così definiti:

- **piano d'azione strategico:** strumento di pianificazione che individua le linee strategiche relative alle tipologie di soluzioni da adottare per il risanamento acustico e fornisce una prima sommaria definizione delle priorità di intervento e dei relativi impegni di spesa così da poter orientare la progettazione effettiva degli interventi. Si distingue dal piano d'azione "progettuale" perché non contiene i progetti dei singoli interventi e demanda alla loro stesura una verifica più precisa delle priorità di intervento e delle compatibilità con le risorse economiche disponibili.
- **piano d'azione progettuale:** strumento volto a definire le caratteristiche progettuali degli interventi che dovranno essere realizzati. Contiene, oltre al richiamo degli elementi di definizione delle scelte strategiche già previsti nel piano d'azione strategico, anche la progettazione di livello almeno preliminare, secondo le definizioni del testo unico degli appalti, di tutti gli interventi che sono previsti nel quinquennio di validità del piano d'azione ed una stima dei costi e dei benefici attesi.

Nella pratica l'intreccio delle competenze e delle responsabilità, i vincoli di costi e tempi, le specifiche situazioni locali portano spesso ad elaborare un piano d'azione che presenta aspetti di entrambe le tipologie base sopra descritte. Tuttavia, anche in questo caso più complesso, un piano d'azione può essere indicativamente sintetizzato nelle seguenti fasi distinte, schematizzate in figura 1, tenendo presente che può essere necessario svolgere alcune fasi in parallelo o, durante lo svolgimento di una fase complessa, tornare ad una fase precedente che si riteneva conclusa:

1. fase 1 "**individuazione e coinvolgimento degli stakeholder**". È una attività di individuazione e coinvolgimento nel processo di elaborazione del piano d'azione degli enti o organizzazioni interessati al piano – *stakeholder* o portatori d'interesse – per quanto di loro competenza. Questa fase si estende all'intera durata del processo in parallelo allo svolgimento delle altre attività.
2. fase 2 "**informazione e consultazione del pubblico**". È una attività di consultazione del pubblico sulla sua percezione del rumore e sulle sue priorità in ordine all'abbattimento acustico. Si raccolgono suggerimenti sugli interventi di abbattimento acustico preferiti che possano indirizzare la scelta tra diverse alternative tecniche. Al pubblico devono essere offerte concrete opportunità di partecipazione, per quanto di sua competenza. Il piano d'azione deve riportare le consultazioni del pubblico effettuate. Questa fase si estende all'intera durata del processo in parallelo allo svolgimento delle altre attività.
3. fase 3 "**pianificazione strategica preliminare**". È una attività complessa che porta a definire gli ambiti di intervento e il quadro delle decisioni strategiche che orientano la predisposizione del piano d'azione; è composta di varie sottofasi (cfr. figura 1).

4. fase 4 “**definizione del piano**”. Identifica gli interventi in programma e assegna un quadro di priorità generale. Successivamente viene predisposta una proposta di piano, la quale è oggetto di consultazione con il pubblico e di eventuali revisioni. Questa fase termina con l’approvazione del piano d’azione.
5. fase 5 “**attuazione del piano**”. È l’attività di progettazione esecutiva e realizzazione degli interventi. Anche in questa fase è previsto un momento di consultazione del pubblico.
6. fase 6 “**monitoraggio del piano**”. È l’attività di monitoraggio sullo stato di attuazione del piano e sull’efficacia dei risultati conseguiti. Garantisce una corretta consequenzialità al succedersi dei piani d’azione di quinquennio in quinquennio.

Un piano d’azione si articola, dunque, in fasi sostanzialmente simili sia che si tratti di un piano d’azione strategico, di un piano progettuale o di un piano che includa entrambi gli aspetti, anche se ovviamente lo sviluppo e l’approfondimento di ciascuna fase saranno diversi. Un piano d’azione di natura strategica sviluppa prevalentemente le fasi 1, 2 e la fase 3 (pianificazione strategica preliminare); la fase 4 (definizione del piano) è realizzata in forma semplificata, provvedendo ad una identificazione di massima degli interventi da attuare. L’attuazione delle attività pianificate può avvenire in un momento successivo, attraverso la predisposizione di un piano d’azione progettuale o, in alternativa, nell’ambito di differenti strumenti di gestione e pianificazione del territorio.

Per un piano d’azione progettuale, invece, le fasi 1, 2 e 3 possono essere molto sintetiche, mentre sono sviluppate nel dettaglio le fasi successive.

Ciascuna fase prevede alcuni specifici processi metodologici, in buona parte dettati dalla necessità di rispettare gli schemi valutativi prescritti dalla legislazione vigente, come più compiutamente descritto nel prosieguo delle Linee guida.

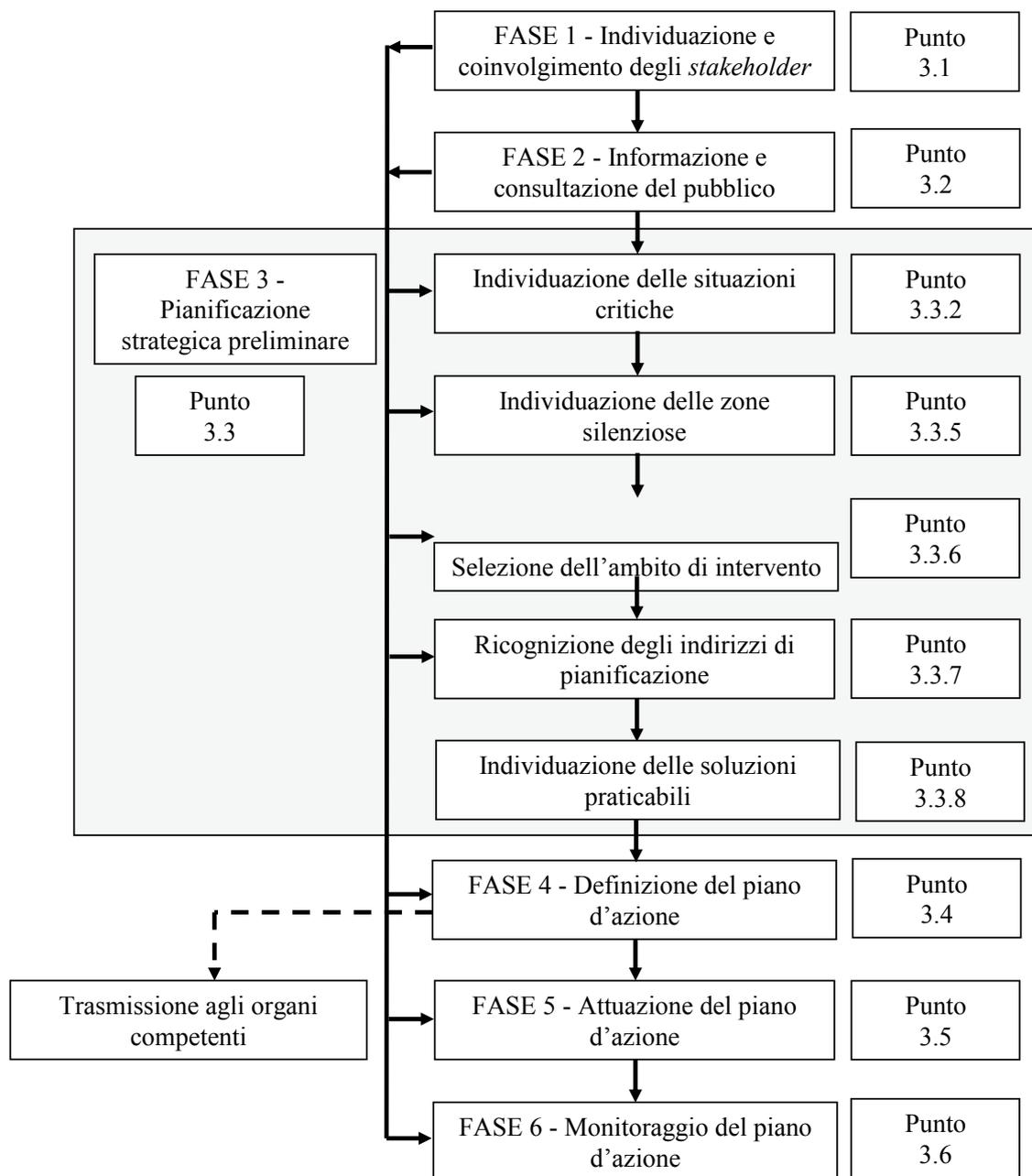


Figura 1 – Articolazione in fasi del piano d'azione contro il rumore.

In ogni caso le varie fasi del piano d'azione si influenzano reciprocamente col procedere dell'affinamento della progettazione dello stesso e degli interventi conseguenti. È opportuno, pertanto, organizzare l'elaborazione del piano d'azione distinguendo le diverse fasi di progettazione previste ed esplicitando i momenti di verifica che ciascuna di queste richiede.

Si possono evidenziare alcune caratteristiche generali dell'organizzazione logica della elaborazione del piano:

- 1) le scelte strategiche condizionano tutti i processi di elaborazione del piano d'azione ed intervengono in diverse fasi;
- 2) una preliminare gerarchia delle criticità è necessaria per guidare e mirare gli approfondimenti e le scelte successive;
- 3) alcuni processi di valutazione necessari alla completa definizione del piano d'azione non possono essere completamente svolti se non in fasi sufficientemente avanzate di progettazione: è il caso, per esempio, delle valutazioni di tipo paesaggistico sulle barriere acustiche, che possono essere pienamente sviluppate solo dopo che sia stato definito il loro dimensionamento e talvolta dipendono fortemente anche dalle tipologie proposte;
- 4) il piano d'azione è sottoposto a tre ordini diversi di verifiche mediante consultazione del pubblico durante la sua formazione, oltre ad una consultazione nella fase di monitoraggio dell'attuazione:
 - il primo nella fase di avvio del piano ("*scoping*") finalizzato ad una informazione preliminare del pubblico, ad avviare una raccolta di contributi sulla adeguatezza della mappatura strategica da cui si avvia il processo di analisi, a raccogliere indirizzi di tipo strategico dagli Enti che hanno competenze concorrenti sulle problematiche trattate dal piano;
 - il secondo, relativo alla proposta di piano d'azione in senso stretto e all'organizzazione complessiva delle scelte strategiche alle quali si ispira;
 - il terzo, più locale, relativo alla verifica delle soluzioni adottate e dell'inserimento proposto per esse in ciascuna area critica;
- 5) l'esito delle verifiche può richiedere una revisione delle decisioni già adottate nelle fasi precedenti di elaborazione del piano d'azione. In particolare si evidenzia che a seguito della progettazione esecutiva delle opere possono intervenire valutazioni sulla base di criteri "di opportunità" che rimettono in discussione la scelta della tipologia di intervento adottata o che ne modificano radicalmente l'efficienza o l'efficacia: in questi casi è opportuno rivedere, alla luce delle correzioni sopravvenute, le eventuali selezioni fatte in precedenza.

In ragione di queste caratteristiche è opportuno che nell'elaborazione del piano d'azione si adottino i seguenti criteri:

- definire prima possibile gli indirizzi di tipo strategico e chiarire le fasi in cui intervengono a definire le scelte del piano d'azione (rientrano fra questi le valutazioni sulla praticabilità in linea generale di alcune tipologie di soluzioni, sulla possibilità di effettuare interventi di tipo passivo sulle diverse tipologie di ricettori, sulle situazioni che non sono trattate nel piano d'azione perché troveranno soluzioni di altro tipo, per esempio con varianti strutturali o urbanistiche, ecc.);
- definire prima possibile il diagramma di flusso con cui si intende procedere alla elaborazione del piano d'azione fissando i livelli di progettazione nei quali sono effettuate le diverse tipologie di scelte;

- per ogni intervento di scelta o valutazione, richiesto dalla elaborazione ed attuazione del piano d'azione, definire in precedenza i soggetti titolati ad assumere le decisioni e quelli coinvolti nelle valutazioni;
- prevedere la possibilità e le procedure per rivedere le scelte già adottate nelle fasi precedenti di elaborazione.

Riguardo al processo di elaborazione dei piani di azione occorre altresì distinguere tra lo **schema procedurale** vero e proprio e lo **schema gestionale** di governo del processo stesso. Il primo riguarda le operazioni tecniche da compiere ed il loro flusso logico; il secondo riguarda la definizione delle responsabilità della fornitura dei dati, della supervisione delle operazioni tecniche, della presentazione agli organi competenti ed al pubblico, del rispetto dei tempi.

Nell'attuale ordinamento amministrativo di Regioni, Province e Comuni le problematiche d'interesse acustico a livello locale si trovano suddivise tra diversi settori, quali per esempio pianificazione urbanistica, mobilità, ambiente, edilizia, viabilità, sanità, ecc. Ciò costituisce un ostacolo ad una azione efficace in quanto non risulta ben definita la responsabilità o si tende a sottovalutare la priorità del problema. È quindi necessario **chiarire preliminarmente chi è responsabile di che cosa**.

Una possibilità è quella di attribuire la *leadership* per il problema rumore ad un settore specifico, per esempio quello relativo all'ambiente, anche se molte misure di mitigazione del rumore coinvolgono piuttosto il settore che si occupa del traffico, ed altri settori, come quello che si occupa di pianificazione territoriale, possono dare contributi significativi. In generale la collaborazione tra questi è ostacolata dalla mancanza di meccanismi di coordinamento già attivi e dal carico di compiti istituzionali.

Un'alternativa, spesso preferibile, è quella di attribuire la responsabilità per tutti i processi relativi all'attuazione del D. Lgs. 194/05 ad una **specifico struttura amministrativa**, dotata di precisi poteri e responsabilità, compreso quello di coordinare i vari dipartimenti coinvolti relativamente a questo specifico obiettivo.

In particolare la gestione di un piano d'azione richiede l'esistenza di una struttura che garantisca continuità e coerenza all'azione di risanamento acustico. Per questa ragione il primo passaggio che l'autorità competente dovrebbe mettere in atto è l'istituzione di una specifica struttura gestionale stabile che permetta il raccordo continuo tra le varie componenti amministrative dell'autorità competente e tra questa ed i soggetti esterni pubblici o privati coinvolti. La presenza di una tale struttura ("ufficio di piano" nella terminologia della UNI/TR 11327 [40]) garantisce nel tempo la continuità degli interventi e facilita la crescita all'interno della struttura amministrativa di una cultura tecnica e di una prassi amministrativa orientata al riconoscimento ed al trattamento delle problematiche di inquinamento acustico.

La struttura dovrebbe essere istituita con un atto formale dell'autorità competente. Il responsabile della struttura sovrintende alla gestione generale dei processi di mappatura acustica ed elaborazione dei piani d'azione. Il suo piano di lavoro include:

- la definizione dell'assetto organizzativo della struttura;

- la definizione delle fasi principali dei processi di mappatura acustica ed elaborazione dei piani d'azione;
- l'individuazione delle eventuali necessità di consulenze tecniche esterne;
- l'individuazione degli *stakeholder* da coinvolgere e delle fasi nelle quali coinvolgerli;
- lo schema delle consultazioni del pubblico;
- lo schema temporale dei processi di mappatura acustica ed elaborazione dei piani d'azione.

L'attività della struttura dovrebbe essere orientata verso obiettivi plurisettoriali, con l'adozione di modalità di lavoro collaborative in modo da permettere un migliore coordinamento e la circolazione delle informazioni all'interno dell'amministrazione.

Inoltre, come già evidenziato, un piano d'azione richiede il coinvolgimento del pubblico e degli attori del territorio attraverso l'adozione di azioni che ne stimolino la partecipazione attiva: sono quindi necessarie pratiche innovative per una migliore trasparenza dei processi decisionali, per la gestione delle relazioni con i soggetti esterni, per l'attuazione di politiche negoziate pubblico-privato. L'apertura verso l'esterno può richiedere anche l'eventuale superamento di confini settoriali, istituzionali e territoriali di enti, portatori d'interessi, soggetti economici.

Un esempio di questo tipo è *Bruitparif*, l'osservatorio per il rumore dell'agglomerato di Parigi (*Ile de France*). Questo gestisce una situazione molto complessa: l'agglomerato di Parigi comprende 396 municipalità, parzialmente raggruppate in 238 organizzazioni. *Bruitparif* aiuta queste organizzazioni con informazioni, assistenza tecnica e conduce direttamente misure di validazione delle mappe acustiche. Inoltre aiuta a formare una mappa acustica consolidata dell'intero agglomerato e prepara linee guida per l'elaborazione dei piani d'azione. Infine *Bruitparif* fornisce informazioni obiettive al pubblico. Per maggiori dettagli si veda il sito web dell'osservatorio [97].

Non va poi dimenticato che l'attuazione della END richiede finanziamenti. Occorre quindi che il gruppo di lavoro disponga di finanziamenti ad hoc per le attività di mappatura acustica e di elaborazione dei piani d'azione. Inoltre occorre prevedere i fondi, ben più consistenti, per l'attuazione degli interventi di mitigazione acustica. L'autorità competente deve quindi prevedere un **budget specifico**. A tal fine può essere utile considerare:

- il budget già direttamente allocato per politiche di lotta al rumore;
- il budget già allocato per miglioramenti della mobilità che possono essere utilizzati anche per migliorare la situazione acustica (per esempio varianti in progetto, politiche di rinnovo della flotta dei mezzi pubblici, ecc.);
- il budget già allocato per miglioramenti della qualità dell'aria che possono essere utilizzati anche per migliorare la situazione acustica (per esempio limitazioni al traffico in certe zone o periodi dell'anno e della giornata);
- la possibilità di riallocare parte del budget dei dipartimenti coinvolti;

- applicazioni dirette del principio “chi inquina paga”, quali tasse o ticket per veicoli molto rumorosi o che entrino in zone da proteggere;
- schemi di finanziamento congiunto pubblico-privato, quando la riduzione del rumore sia anche nell’interesse economico dei cittadini, come per esempio quando l’applicazione di barriere acustiche stradali si riflette sulla valutazione economica degli edifici circostanti;
- la possibilità di combinare la manutenzione stradale con la realizzazione di interventi di mitigazione acustica.

È opportuno sottolineare che il disturbo da rumore deriva sovente dalla compresenza di differenti usi del territorio: residenziale, industriale, terziario, infrastrutture di trasporto, ecc., pertanto la pianificazione territoriale ed urbanistica può contribuire fortemente a ridurre l’esposizione dei residenti.

Tuttavia, al giorno d’oggi la pianificazione del risanamento acustico è spesso posta ad un livello molto basso della gerarchia degli atti di pianificazione, ovvero viene sommariamente considerata solo dopo che le decisioni sul futuro sviluppo urbanistico sono già state prese, cosicché la pianificazione acustica degenera nella “gestione dei deficit” [77].

Invece, il mezzo più efficace di risanamento acustico consiste nell’evitare la generazione del rumore, il che richiede di intervenire fin dalle fasi iniziali della pianificazione. Considerare il problema rumore e cercare di evitare i relativi conflitti dovrebbero essere parte integrante della pianificazione territoriale ed urbanistica, dei piani di sviluppo, dei piani della mobilità, ecc. (figura 2).

Armonizzare differenti processi di pianificazione e differenti obiettivi di sviluppo è un compito complesso, ed a volte può generare conflitti non facilmente risolvibili. Tuttavia, considerare il problema rumore fin dall’inizio prospetta maggiori opportunità di soluzioni migliori dell’aggiunta di barriere acustiche post operam. I piani d’azione contro il rumore dovrebbero essere visti come uno strumento per introdurre obiettivi realistici di riduzione del rumore nel più ampio quadro dei processi di pianificazione.

Infine, per concludere, va precisato che nel corso del primo ciclo d’attuazione della END nella Regione Emilia-Romagna si è assunto che:

- i piani d’azione delle strade provinciali sono soggetti a procedura di verifica alla assoggettabilità a valutazione ambientale strategica (VAS). L’autorità competente ai fini dell’istruzione della VAS è la Regione.
- i piani d’azione degli agglomerati sono soggetti a procedura di verifica alla assoggettabilità a valutazione ambientale strategica (VAS). L’autorità competente ai fini dell’istruzione della VAS è la Provincia di riferimento.

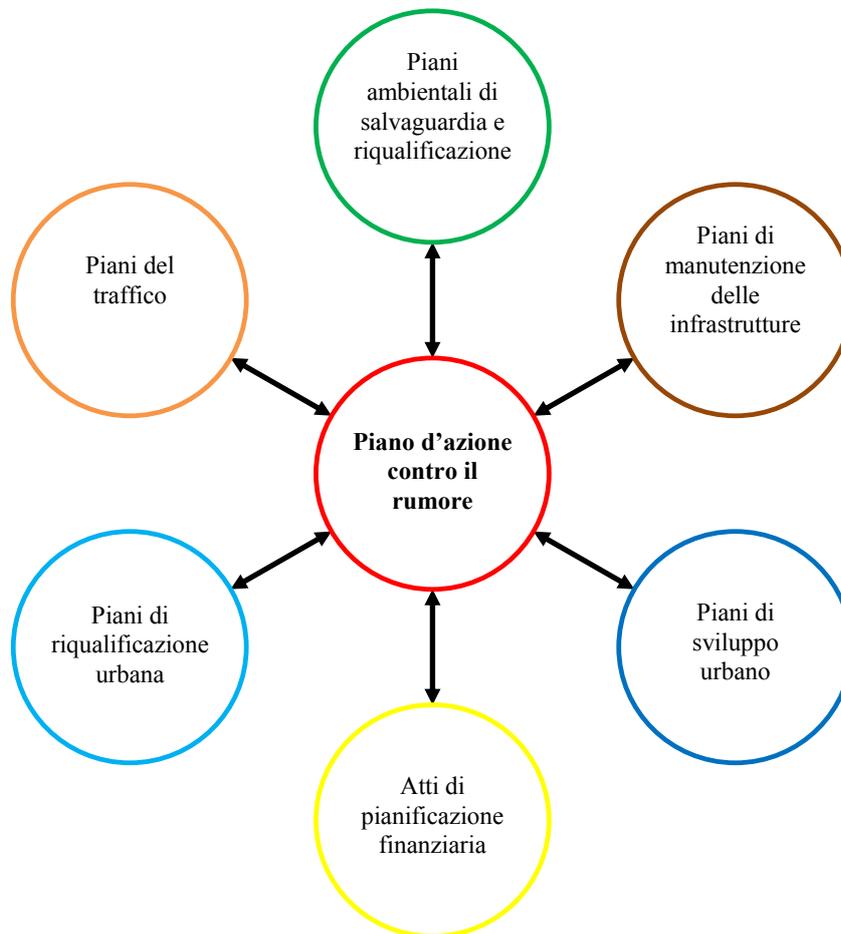


Figura 2 – Il piano d'azione contro il rumore come parte del processo di pianificazione urbana (da [77]).

2.3 *Contenuti e tipologia*

Idealmente, un piano d'azione si basa sui seguenti principi:

- *approccio partecipativo*: coinvolgere il pubblico nella valutazione (qualitativa) della situazione acustica, nella selezione di adeguate misure di abbattimento acustico e nella valutazione dei loro benefici, nonché nella definizione di eventuali ulteriori interventi correttivi;
- *approccio cooperativo*: coinvolgere tutti le parti interessate nella valutazione della situazione, nella predisposizione delle soluzioni e nella loro implementazione;
- *approccio aperto*: connettere l'abbattimento acustico con altri obiettivi e strumenti, quali programmi per la qualità dell'aria, pianificazione territoriale e piani della mobilità;
- *approccio misurabile*: stabilire obiettivi quantificabili di riduzione del rumore, specificare gli effetti attesi dalle misure di abbattimento implementate e verificare i risultati.

Secondo il D. Lgs. 194/05 [1], allegato 5, un piano d'azione deve contenere:

- a) una descrizione dell'agglomerato, degli assi stradali e ferroviari principali o degli aeroporti principali e delle altre sorgenti di rumore da prendere in considerazione;
- b) l'individuazione dell'Autorità competente;
- c) una descrizione del contesto giuridico;
- d) un richiamo di qualsiasi valore limite in vigore;
- e) una sintesi dei risultati della mappatura acustica;
- f) una valutazione del numero stimato di persone esposte al rumore, l'individuazione dei problemi e delle situazioni da migliorare;
- g) un resoconto delle consultazioni pubbliche organizzate;
- h) una descrizione delle misure antirumore già in atto e i progetti in preparazione;
- i) gli interventi pianificati dalle autorità competenti per i successivi cinque anni, comprese le misure volte alla conservazione delle aree silenziose;
- j) la strategia di lungo termine;
- k) le informazioni di carattere finanziario, ove disponibili: fondi stanziati, analisi costi-efficacia e costi-benefici;
- l) disposizioni per la valutazione dell'attuazione e dei risultati del piano d'azione.

Questa lista di contenuti non è tuttavia sufficiente per stabilire in modo univoco i criteri per la predisposizione e l'attuazione del piano stesso. Non esiste uno standard unico che vada bene per tutti i casi possibili. Come già detto, un piano d'azione rappresenta infatti uno strumento complesso di gestione del territorio, correlato a differenti tematiche connesse alla pianificazione, alla mobilità, allo sviluppo produttivo, all'inquinamento dell'aria, ecc. [40][32].

Come già detto, esistono due tipologie base di piano d'azione compatibili con il D. Lgs. 194/05: un piano "strategico" ed un piano "progettuale".

Il piano d'azione strategico individua prevalentemente le linee di indirizzo secondo cui attuare il risanamento acustico, definendo i criteri generali per la pianificazione e la progettazione degli interventi, i ruoli e le responsabilità dei differenti soggetti coinvolti, eventualmente anche le modalità di ricerca dei finanziamenti. Gli interventi descritti in un piano strategico comprendono prevalentemente politiche e atti di pianificazione i cui effetti si producono nel tempo in maniera meno puntuale di quanto accada nel caso di specifiche opere da realizzare. Tuttavia anche di tali azioni occorre descrivere l'attuazione in termini concreti e dare una stima, quanto più possibile quantitativa, degli effetti attesi in termini di riduzione della popolazione esposta al rumore.

Il piano d'azione progettuale caratterizza le specifiche criticità presenti sul territorio e definisce le singole opere da realizzare per ridurre il livello di inquinamento acustico, con un dettaglio tale da consentire una stima più accurata dei benefici e dei costi, fornendo anche un piano temporale per la loro attuazione. La definizione degli interventi di mitigazione necessari può essere realizzata attraverso una progettazione anche preliminare, comprendente il

dimensionamento acustico delle opere unito ad una valutazione di massima sui possibili vincoli tecnici e/o economici.

Entrambe le tipologie di piano contengono elementi informativi in grado di consentire una valutazione dell'entità degli sforzi intrapresi, dei benefici attesi, delle principali contropartite, sia di tipo economico sia di natura urbanistica e sociale, connessi alla realizzazione del piano. Entrambe le tipologie di piano prevedono una definizione delle risorse necessarie per passare al livello di progettazione successivo all'approvazione e alla realizzazione degli interventi previsti dal piano senza ulteriori decisioni strategiche di natura politica. Su entrambi i tipi di piano può essere tenuta una ragionevole consultazione del pubblico. In assenza di specifiche indicazioni contenute nella legislazione vigente e/o nella normativa tecnica volontaria, la scelta tra le due tipologie di piano è dettata da valutazioni di opportunità, in relazione alla complessità delle scelte che il piano implica. Il piano d'azione strategico offre la possibilità di avere una formale consultazione e deliberazione sull'impianto generale delle scelte prima di procedere alla progettazione delle opere; viceversa, il piano d'azione progettuale consente di compiere tale valutazione sulla base di una rappresentazione di maggior dettaglio degli interventi da realizzare e con una stima più accurata dei relativi costi e benefici.

In genere il piano d'azione strategico è preferibile nel caso di situazioni complesse come quelle degli agglomerati urbani, mentre il piano d'azione progettuale è preferibile nel caso di situazioni più semplici e ripetitive come quelle delle strade provinciali.

Nella pratica, tenuto conto del lungo percorso che spesso caratterizza la fase di progettazione di massima e l'acquisizione dei finanziamenti necessari, il piano d'azione adottato risulta spesso essere una combinazione dei due i tipi base di piano: contiene infatti un quadro di progettazione strategica teso a guidare le azioni di progettazione e di ricerca dei finanziamenti degli anni successivi, abbinato ad un piano progettuale che definisce le opere, o le azioni, che si intendono realizzare nel quinquennio di validità del piano.

Qualunque sia la tipologia di piano d'azione adottato, esso avrà comunque alcuni limiti:

- l'abbattimento acustico previsto, tenuto conto della limitatezza delle risorse finanziarie, è finalizzato al solo rispetto dei valori limite di legge, che sono cosa ben diversa dalla percezione del pubblico relativa al problema rumore;
- sono necessarie notevoli risorse finanziarie, per cui gli interventi previsti possono essere realizzati solo su un arco temporale di diversi anni, che può oltrepassare la durata quinquennale del piano;
- le competenze delle autorità locali sono limitate; per esempio, le tratte ferroviarie di importanza nazionale e le autostrade esulano dall'ambito di competenza delle autorità comunali; è dunque necessario coinvolgere i gestori delle infrastrutture nella realizzazione di interventi indispensabili previsti dal piano d'azione dell'agglomerato, e spesso questa è una vera sfida.

2.4 *Durata*

Il D. Lgs. 194/05 richiede una revisione periodica del piano almeno ogni 5 anni, ma questo termine non coincide necessariamente con il periodo a cui il piano si riferisce.

Infatti, nella logica della direttiva europea 2002/49/CE [18], il piano d'azione individua gli interventi necessari per correggere una situazione fotografata alla data di riferimento della mappatura acustica. Tali interventi hanno un tempo di realizzazione spesso poliennale, così come le risorse economiche necessarie sono allocate diluendo l'impegno finanziario su molte annualità. Nel caso di opere importanti, anche sotto altri profili oltre a quello acustico, spesso l'iter di progettazione ed approvazione può richiedere diversi anni di tempo (tipico il caso di realizzazioni di varianti alla viabilità per evitare l'attraversamento di nuclei e centri abitati). Su scale di tempo che superano il quinquennio possono avvenire molti processi, indipendenti dal piano, che modificano il quadro di riferimento delle criticità acustiche, quali, per esempio, la creazione o lo spostamento di ricettori, la realizzazione di nuove infrastrutture di trasporto già pianificate, la modifica o la cessazione di cicli produttivi (per esempio, per la sostituzione di prodotti non più utilizzabili oltre una certa data, ecc.). Tali fenomeni sono rilevanti per il redattore del piano se ricadono entro l'orizzonte temporale che viene preso in considerazione per la progettazione e realizzazione delle opere, altrimenti possono essere trascurati. D'altra parte alcuni problemi potrebbero trovare soluzioni con interventi di lunga realizzazione, che manifestano la loro efficacia in tempi non ritenuti adeguati alle esigenze di risanamento prese in esame e pertanto sarebbero esclusi dall'elenco delle soluzioni praticabili.

Pertanto, per poter razionalmente progettare e valutare il piano d'azione è necessario che **l'orizzonte temporale al quale si vuol fare riferimento sia esplicitato e basato su considerazioni più ampie, rispetto al limite formale dei 5 anni**; parimenti, andranno chiaramente indicate le azioni che si intendono realizzare entro il limite dei 5 anni.

2.5 *Piani d'azione e piani di risanamento*

La direttiva END [18] ed il D. Lgs. 194/05 [1] che la recepisce in Italia individuano i **piani d'azione** come strumento primario per pianificare ed eseguire il risanamento acustico degli agglomerati urbani e delle aree impattate dalle infrastrutture di trasporto. D'altra parte, già da prima dell'entrata in vigore della END, in Italia vige la L. 447/95 [3], che all'art. 7 individua i **piani di risanamento** come strumento primario per pianificare ed eseguire il risanamento acustico degli agglomerati urbani. Inoltre il D.M. 29/11/2000 [8], attuativo della stessa legge quadro (art. 10, comma 1), stabilisce *“i criteri tecnici per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, ivi comprese le autostrade, dei piani degli interventi di contenimento ed abbattimento del rumore prodotto nell'esercizio delle infrastrutture stesse, ai sensi dell'art. 10, comma 5, della legge 26 ottobre 1995, n. 447”*.

Le Autorità competenti si trovano quindi a dovere produrre e implementare due tipologie di piani, quelli “europei” previsti dal D. Lgs. 194/05 e quelli “italiani” previsti dalla L. 447/95 e dal D.M. 29/11/2000, a prima vista molto simili e rivolti sostanzialmente a rispondere alle medesime esigenze. È quindi lecito domandarsi **se e in che misura le due tipologie di piano siano sovrapponibili, o meglio riconducibili l’una all’altra**. Per rispondere conviene ricordare i punti a favore o contro dell’una e dell’altra ipotesi.

A favore della riconducibilità dei preesistenti piani di risanamento o di contenimento ed abbattimento del rumore ai piani d’azione previsti dalla END si possono avanzare i seguenti argomenti:

1. Identificare i due tipi di piano permette di evitare inutili ridondanze: ripetizione di misurazioni fonometriche, ripetizione di calcoli di simulazione, ecc.
2. Avere un unico piano per ogni agglomerato o infrastruttura principale permette di evitare conflitti tra strumenti simili ma non uguali che si occupano dello stesso ambito.
3. Identificare i due tipi di piano permette di ottimizzare il budget disponibile, evitando di commissionare e pagare due volte studi molto simili.
4. Infine, ed è forse la cosa più importante, ricondurre i preesistenti piani di risanamento o di contenimento ed abbattimento del rumore (“italiani”) ai piani d’azione (“europei”) permette di salvare il lavoro già fatto da parte di Comuni e gestori delle infrastrutture nell’arco di diversi anni, con conseguenti previsioni di budget, allocazione di fondi, attuazione di lavori di bonifica acustica.

Contro la riconducibilità dei preesistenti piani di risanamento o di contenimento ed abbattimento del rumore ai piani d’azione previsti dalla END si possono avanzare i seguenti argomenti:

1. I piani previsti dalla preesistente legislazione italiana hanno un’impostazione prevalentemente operativa, mentre i piani d’azione previsti dalla END sono più flessibili, potendo avere sia un’impostazione strategica che una operativa, o più probabilmente un’impostazione mista. Questo non è esattamente un argomento contrario, ma più semplicemente porterebbe a considerare i piani previsti dalla preesistente legislazione italiana come la parte operativa dei piani d’azione previsti dalla END.
2. I piani previsti dalla preesistente legislazione italiana, predisposti un’unica volta, hanno un orizzonte temporale lungo (attuazione in almeno 15 anni secondo il D.M. 29/11/2000 [8], art. 2, comma 2), mentre i piani d’azione previsti dalla END hanno un orizzonte temporale fisso di 5 anni dopo i quali si rinnovano ciclicamente.
3. I piani previsti dalla preesistente legislazione italiana non sembrano ammettere impatti residui, almeno secondo certe interpretazioni, mentre i piani d’azione previsti dalla END mostrano una notevole flessibilità nel permettere il raggiungimento parziale degli

obiettivi quando il risanamento non sia praticamente conseguibile in un'unica fase, rimandando il problema degli impatti residui al quinquennio successivo.

4. I piani previsti dalla preesistente legislazione italiana sono ovviamente basati sull'uso dei descrittori acustici in uso nella legislazione italiana precedente la END, compreso un indicatore di criticità poco adatto alla trattazione di casi complessi (cfr. punto 5.1.1), mentre i piani d'azione si basano su di una mappatura acustica condotta con gli indicatori europei e non obbligano all'uso di un prestabilito indicatore di criticità (si veda anche quanto detto al punto 5.1).

In conclusione, si deve obiettivamente ammettere che l'auspicata riconducibilità dei piani "italiani" a quelli "europei" è possibile ma non è né automatica né scontata. Probabilmente i tempi non sono ancora maturi, nel senso che non vi sono esperienze consolidate né criteri univocamente accettati, per dare una risposta definitiva. In effetti, la vera risposta potrebbe e dovrebbe venire da una armonizzazione della legislazione preesistente con il D. Lgs. 194/05, armonizzazione che risponda alle argomentazioni sfavorevoli sopra esposte. Ciò è certamente possibile, ma nell'attesa di nuovi provvedimenti legislativi nazionali in merito, spetta alle Autorità competenti per i piani d'azione l'onere della scelta.

Nello stato di fatto sopra esposto, le presenti linee guida, nell'ottica di delineare un percorso il più possibile lineare, raccomandano di:

1. impostare i piani d'azione in senso prevalentemente **strategico**, recuperando i preesistenti piani di risanamento o di contenimento ed abbattimento del rumore nella parte progettuale dei piani d'azione stessi, con tutti gli adattamenti ritenuti opportuni dalle Autorità competenti. Dunque il risanamento ex L. 447/95 si attua attraverso gli obiettivi prioritari (ad esempio gli assi stradali principali) fissati dal recepimento della direttiva europea e quindi per il tramite del piano d'azione ex D. Lgs. 194/05;
2. impostare i piani d'azione su di un **orizzonte temporale di 5 anni**, dopo i quali devono essere rinnovati, indicando caso per caso gli interventi la cui realizzazione si estenderà su di un arco temporale più lungo, ed i relativi motivi;
3. impostare i piani d'azione in maniera flessibile, prevedendo il **raggiungimento anche parziale di alcuni obiettivi** quando il risanamento non sia praticamente conseguibile in un'unica fase, purché sia esplicitato che il problema degli impatti residui dovrà essere trattato nel quinquennio successivo;
4. impostare i piani d'azione utilizzando gli **indicatori di criticità ritenuti più adatti** al caso specifico, senza limitarsi alle scarse indicazioni della legislazione italiana, ma viceversa facendo riferimento allo stato dell'arte della letteratura scientifica (vedere in proposito l'appendice B);
5. impostare i piani d'azione utilizzando i descrittori acustici europei L_{den} e L_{night} , prescritti dalla direttiva END, ma **presentare i risultati attesi dopo gli interventi sia in termini dei descrittori europei sia in termini dei descrittori prescritti dalla legislazione italiana**, e cioè L_{Aeq} diurno e L_{Aeq} notturno. In altri termini, è necessario

che almeno la situazione post operam, ovvero i livelli sonori attesi dopo gli interventi previsti dal piano d'azione, siano espressi anche mediante i descrittori previsti dalla L. 447/95 e dai suoi decreti attuativi, al fine di evidenziare eventuali impatti residui e prevederne una successiva risoluzione.

3. IL PROCESSO DI ELABORAZIONE DEL PIANO D'AZIONE IN PRATICA

Nell'avviare il processo che conduce all'elaborazione di un piano d'azione occorre considerare alcuni elementi: i criteri di scelta delle priorità e delle soluzioni praticabili sono in parte soggettivi; le informazioni, le risorse e il tempo sono limitati; gli effetti delle soluzioni dipendenti da molte variabili; in queste condizioni la strategia seguita comunemente prevede di ricercare la soluzione sulla base delle informazioni e delle risorse disponibili, e di arrestarsi quando si trova una soluzione soddisfacente. Dunque la strategia non è quella della soluzione migliore in assoluto (ottimizzazione globale costi/benefici sulla base di criteri oggettivi), ma quella della soluzione sub-ottimale, soddisfacente in un dato intervallo di valori delle condizioni al contorno.

In particolare nei piani d'azione degli agglomerati potrebbero essere presenti uno o più dei seguenti fattori che rendono in parte incerta la definizione del problema, la scelta delle alternative e dei criteri di valutazione, l'effettiva applicazione spaziale e temporale delle soluzioni.

- a) **Sovrapposizioni degli effetti.** Negli agglomerati il superamento dei valori limite può essere dovuto al sovrapporsi del rumore prodotto da sorgenti con gestori differenti. Il risanamento può richiedere forme di collaborazione e ripartizione degli interventi e dei loro oneri che richiedono l'apertura di tavoli di negoziazione tra più soggetti.
- b) **Incerteza o inadeguatezza delle risorse finanziarie.** Non sempre è possibile individuare un responsabile unico e diretto dell'inquinamento acustico a cui addossare gli oneri dell'intervento, ovvero in grado di addossarsi questi oneri. Questo capita soprattutto nel caso delle infrastrutture del trasporto, la cui proprietà è spesso di un soggetto pubblico. In questi casi non è immediato obbligare il gestore a realizzare nei tempi e nei modi individuati gli interventi tecnici richiesti. Un'altra situazione tipica riguarda i problemi del rumore da traffico urbano, in cui le soluzioni migliori richiedono spesso l'attivazione di politiche a lunga scadenza (per esempio mobilità alternativa, incremento del trasporto pubblico, ecc.) o la realizzazione di opere straordinarie (circonvallazioni, sottopassi, barriere) per le quali non si dispone di adeguati fondi. In questi casi le azioni di piano restano congelate fino al reperimento dei fondi necessari. L'attivazione dei finanziamenti può essere episodica, sinergica con altri progetti, territorialmente limitata, ecc. rendendo inutile la costruzione di gerarchie e punteggi di priorità.
- c) **Coinvolgimento di enti e/o attori di livello superiore.** Le soluzioni spesso richiedono il coinvolgimento di enti di livello superiore, la cui collaborazione non può essere imposta, ma deve avvenire attraverso processi di dialogo, mediazione, costruzione del consenso, ecc. Problemi tipici in tal senso sono quelli che nascono dalla extra territorialità delle soluzioni (si pensi alla costruzione di una tangenziale che richiede il coinvolgimento e la collaborazione dei comuni attraversati, estranei però all'agglomerato) o della necessità di

accedere a finanziamenti straordinari la cui disponibilità non è nei poteri dell'autorità proponente (per esempio finanziamenti per la costruzione di una metropolitana destinata a modificare la mobilità urbana, finanziamenti europei, ecc.).

- d) **Necessità di negoziazione.** Le soluzioni possono richiedere l'apertura di tavoli di negoziazione tra attori diversi del territorio dagli esiti incerti. Anche se gli obiettivi di risanamento sono facilmente individuabili (rispetto dei valori limite) l'insieme di soluzioni può essere momentaneamente indefinito e può concretizzarsi solo attraverso la ricerca di convergenze tra diversi interessi territoriali, sia pubblici che privati.
- e) **Necessità di politiche di pianificazione.** In particolare per gli agglomerati, le soluzioni possono richiedere anche il dispiegamento di politiche e atti di pianificazione i cui effetti si producono nel tempo in maniera meno deterministica di quanto accada nel caso dei progetti di opere. Il processo di approvazione e di implementazione di politiche di questo tipo non può essere adottato da un soggetto privato. L'introduzione di una dimensione politica comporta valutazioni d'opportunità che sfuggono ad un inquadramento puramente tecnico.

In presenza di uno o più di questi elementi è preferibile creare una cornice di riferimento condivisa, sia metodologica sia sociale, adatta a implementare le azioni di risanamento e/o pronta a cogliere le opportunità d'intervento che le dinamiche territoriali mettono a disposizione.

Gli elementi di pianificazione strategica del piano, anche quando non delineano un percorso per l'attuazione delle soluzioni migliori, oggettivamente determinate e scandite nel tempo e nello spazio, possono però introdurre una modalità di gestione continua delle problematiche relative al risanamento ed al controllo dell'inquinamento acustico.

Il piano strategico fissa gli obiettivi finali (facilmente individuabili nel rispetto dei valori limite) e le diverse tipologie d'azioni che si ritengono più adatte al raggiungimento di tali obiettivi. La scelta delle tipologie d'azioni proposte non è comunque solo di tipo tecnico, ma passa attraverso il confronto con la cittadinanza e gli attori sociali ed economici. A questo proposito sono particolarmente importanti le sinergie che possono essere trovate con altre problematiche presenti sul territorio quali per esempio: costruzione di infrastrutture, mobilità, inquinamento dell'aria, pianificazione urbanistica. Lo sfruttamento di tali sinergie permette di aumentare il consenso intorno alle azioni del piano.

Le azioni saranno localmente scelte ed attuate non solo sulla base di criteri di efficienza e priorità, ma anche sulla base di criteri di opportunità e sulla possibilità storica di essere realizzate. Nelle situazioni complesse la costruzione di un piano d'azione, quindi, non è solo la predisposizione di una documentazione, ma piuttosto l'attivazione un processo, i cui documenti costituiscono solo uno degli strumenti che concorrono alla funzionalità del piano stesso.

3.1 Fase 1 – Individuazione e coinvolgimento degli stakeholder

3.1.1 Finalità

In questa fase si individuano gli enti o organizzazioni interessati al piano – *stakeholder* o portatori d'interesse – si cerca di sensibilizzarli sul problema rumore, si offrono loro opportunità concrete di partecipazione e si cerca di convincerli a prendere parte al processo, per quanto di loro competenza.

Questa fase si estende all'intera durata del processo in parallelo allo svolgimento delle altre attività.

3.1.2 Attuazione

Le autorità individuate dalla Regione hanno la responsabilità di elaborare ed attuare i piani d'azione contro il rumore, ma non hanno le competenze per implementare tutti gli interventi necessari. Per esempio non rientrano nelle competenze dirette dei Comuni le autostrade, le linee ferroviarie nazionali, gli aeroporti. I gestori di queste infrastrutture non possono essere obbligati all'adozione di tutti gli interventi necessari con provvedimenti comunali, ma piuttosto dovrebbero essere indotti a collaborare. Analogo discorso vale per i gestori privati di infrastrutture locali o di organizzazioni di trasporto.

Una situazione simile esiste anche all'interno della pubblica amministrazione, dove diversi dipartimenti hanno compiti istituzionali che intersecano il problema rumore, a vari livelli di priorità: per esempio, i piani d'azione contro il rumore sono correlati ai piani per la mobilità e lo sviluppo urbanistico. Una connessione particolarmente forte esiste tra le due problematiche dell'inquinamento acustico e di quello atmosferico. È possibile pensare ad un approccio integrato sia a livello di monitoraggio che a livello di modellistica, come dimostra l'esperienza di Monaco di Baviera [98][99].

Per risolvere la situazione è fortemente raccomandata una decisione formale dell'autorità competente in merito all'istituzione di un gruppo di lavoro specifico sull'implementazione della END, come già esposto in precedenza.

I possibili stakeholder interni ed esterni all'amministrazione locale sono elencati nelle tabelle 1 e 2, rispettivamente; dovrebbe essere individuato il modo migliore per il loro coinvolgimento facendo ricorso, per esempio, a:

- tavoli di coordinamento od a gruppi di lavoro specifici;
- riunioni generali per discutere i conflitti dovuti al rumore e le necessarie contromisure;
- partecipazione a piccoli gruppi di lavoro per progettare interventi concreti di mitigazione;
- elaborazione congiunta di documenti scritti per l'analisi di criticità acustiche.

Tabella 1 – *Stakeholder* da coinvolgere interni all'amministrazione locale (adattato da [77]).

Attività	Motivazioni	Output atteso
Pianificazione trasporti/ manutenzione stradale/ pianificazione urbana	<ul style="list-style-type: none"> - gli interventi sulla mobilità hanno ripercussioni sulle emissioni sonore - molti interventi sul rumore da traffico alla sorgente hanno ripercussioni sui flussi di traffico - questi stakeholder hanno la responsabilità diretta di molti interventi di abbattimento acustico 	<ul style="list-style-type: none"> - revisione delle strategie di pianificazione della mobilità
Inquinamento atmosferico	<ul style="list-style-type: none"> - sinergie tra monitoraggio del rumore e dell'inquinamento atmosferico - sinergie tra modellistica del rumore e dell'inquinamento atmosferico - gli interventi per ridurre uno dei due inquinamenti hanno spesso effetto anche sull'altro 	<ul style="list-style-type: none"> - condivisione di software e dati - fornire informazioni sul potenziale impatto delle misure di controllo del rumore sull'inquinamento acustico
Salute	<ul style="list-style-type: none"> - il rumore ha effetti negativi sulla salute ed il benessere - le sirene delle ambulanze sono una fonte di rumore in vicinanza degli ospedali 	<ul style="list-style-type: none"> - supporto all'attenzione del pubblico sugli effetti nocivi del rumore - protocolli sull'uso delle sirene
Pianificazione territoriale ed urbana	<ul style="list-style-type: none"> - le destinazioni d'uso del territorio influenzano i flussi di traffico e quindi il rumore - evitare conflitti relativi al rumore è un punto importante da considerare a livello di pianificazione 	<ul style="list-style-type: none"> - fornire informazioni sul futuro sviluppo territoriale e quindi su flussi e composizione del traffico - includere obiettivi di abbattimento acustico nella pianificazione urbana - includere l'inquinamento acustico nelle consultazioni del pubblico
Gestione dei rifiuti urbani	<ul style="list-style-type: none"> - la raccolta dei rifiuti è un'attività molto rumorosa con una grande potenziale di miglioramento - la raccolta a volte interferisce con il traffico urbano causando rumore addizionale 	<ul style="list-style-type: none"> - rendere la flotta dei veicoli meno rumorosa (interventi alla sorgente, protocolli operativi) - concentrare la raccolta in orari che consentano la minor interferenza con il traffico urbano

Comunicazione	<ul style="list-style-type: none"> - informare correttamente il pubblico richiede una strategia efficiente - la END prescrive che il pubblico sia informato 	<ul style="list-style-type: none"> - sviluppo di uno schema coerente di consultazione del pubblico - produzione di materiale informativo (siti web, opuscoli, poster, ecc.) per specifici segmenti del pubblico (scolari, cittadini, ambientalisti, ecc.)
---------------	---	---

Tabella 2 – *Stakeholder* da coinvolgere esterni all'amministrazione locale (adattato da [77]).

Attività	Motivazioni	Output atteso
Gestori del trasporto pubblico urbano	<ul style="list-style-type: none"> - il trasporto pubblico urbano è una importante sorgente di rumore - il trasporto pubblico urbano è un'alternativa meno impattante dei mezzi privati 	<ul style="list-style-type: none"> - i gestori del trasporto pubblico urbano dovrebbero rendere la flotta e le infrastrutture (rotaie, depositi, ecc.) meno impattante possibile con l'uso delle migliori tecnologie disponibili - adattamento ed estensione delle linee pubbliche per sopperire a restrizioni all'uso dei mezzi privati
Gestori di infrastrutture stradali nazionali (non di competenza dei Comuni)	<ul style="list-style-type: none"> - autostrade, strade di interesse nazionale e simili sono tra le maggiori sorgenti di rumore - le autorità cittadine non sono competenti per limitazioni della velocità o interventi diretti di abbattimento acustico 	<ul style="list-style-type: none"> - fornire informazioni sullo stato delle infrastrutture, su volumi e composizione del traffico, sulle emissioni di rumore - realizzazione di misure di controllo del rumore (limiti di velocità, barriere acustiche, ecc.)
Gestori di infrastrutture ferroviarie (infrastrutture e materiale rotabile)	<ul style="list-style-type: none"> - le operazioni ferroviarie in ambito urbano sono un'importante sorgente di rumore - le autorità cittadine non sono competenti per interventi diretti di abbattimento acustico 	<ul style="list-style-type: none"> - fornire informazioni sullo stato delle infrastrutture, su volumi e composizione del traffico, sulle emissioni di rumore - realizzazione di misure di controllo del rumore (barriere acustiche, ecc.) - revisione delle operazioni nei depositi al fine di ridurre le emissioni di rumore
Gestori di aeroporti	<ul style="list-style-type: none"> - le operazioni aeroportuali sono un'importante sorgente di rumore - le autorità cittadine non sono competenti per interventi diretti di abbattimento acustico 	<ul style="list-style-type: none"> - fornire informazioni sulle rotte, su volumi e composizione della flotta di velivoli che opera sull'aeroporto, sulle emissioni di rumore - realizzazione di misure di controllo del rumore (procedure antirumore, restrizioni per gli aeromobili rumorosi, ecc.)

Gestori di trasporti privati	<ul style="list-style-type: none"> - i veicoli da trasporto sono più rumorosi delle auto private 	<ul style="list-style-type: none"> - uso di veicoli meno rumorosi - rispetto di restrizioni alle operazioni di notte e in zone residenziali
Cittadini (individui, associazioni, gruppi)	<ul style="list-style-type: none"> - la valutazione dell'impatto acustico dovrebbe tenere conto anche del disturbo percepito da i residenti - i cittadini contribuiscono a produrre rumore 	<ul style="list-style-type: none"> - fornire informazioni sul rumore e la sua percezione - dare suggerimenti sugli interventi di mitigazione più graditi in aree critiche - migliorare lo stile di guida ed il rispetto dei limiti di velocità
Fornitori di servizi al pubblico, commercianti	<ul style="list-style-type: none"> - il rumore del vicinato non è contemplato dalla END ma certamente emergerà nelle consultazioni del pubblico - restrizioni alla circolazione che hanno effetti positivi sul rumore hanno anche effetti negativi sul flusso di persone negli esercizi commerciali 	<ul style="list-style-type: none"> - dare suggerimenti sugli interventi di mitigazione più graditi in aree critiche - contemperare le esigenze dei residenti con quelle delle attività produttive
Ministeri competenti	<ul style="list-style-type: none"> - alcune decisioni – per esempio sulla conversione dei valori limite di legge – sono di competenza nazionale - le autorità locali non possono obbligare i gestori delle infrastrutture nazionali a stanziare fondi per interventi di mitigazione acustica 	<ul style="list-style-type: none"> - fornire orientamenti univoci su procedure e competenze - coordinamento e gestione di alcune criticità a livello nazionale - decisioni formali sulla necessità di importanti interventi di abbattimento acustico

3.2 Fase 2 - Informazione e consultazione del pubblico

3.2.1 Finalità

Il pubblico è consultato sulla sua percezione del rumore e sulle sue priorità in ordine all'abbattimento acustico, tenuto anche conto della legge regionale 9 febbraio 2010, n. 3 "Norme per la definizione, riordino e promozione delle procedure di consultazione e partecipazione alla elaborazione delle politiche regionali e locali". Si forniscono informazioni di inquadramento del problema e si raccolgono suggerimenti sugli interventi di abbattimento acustico preferiti che possano indirizzare la scelta tra diverse alternative tecniche. In tal modo dovrebbe anche aumentare il grado di accettazione da parte del pubblico degli interventi contro il rumore.

Al pubblico devono essere offerte concrete opportunità di partecipazione, per quanto di sua competenza. Il piano d'azione deve riportare le consultazioni del pubblico effettuate.

Questa fase si estende all'intera durata del processo in parallelo allo svolgimento delle altre attività.

3.2.2 Definizione di pubblico

Secondo il D. Lgs. 194/05 [1], art. 2, comma 1, punto s), per “pubblico” si intendono “una o più persone fisiche o giuridiche e le associazioni, le organizzazioni o i gruppi di dette persone”.

In pratica è necessario distinguere tra l'approccio strategico a livello di un intero agglomerato o di un'area ampia e l'approccio locale mirato a progettare gli interventi per una determinata area critica.

Durante l'elaborazione di un piano d'azione strategico si coinvolge il pubblico su temi generali quali:

- informazione sul problema dell'inquinamento acustico;
- consultazione sui criteri per la definizione delle aree critiche;
- informazione e consultazione sulle diverse misure di abbattimento dell'inquinamento acustico.

Durante l'elaborazione di un piano d'azione progettuale si coinvolge il pubblico su temi specifici quali:

- stato dell'inquinamento acustico in un'area precisa;
- scelta delle misure da attuare per ridurre l'inquinamento acustico.

In entrambi i casi bisogna assicurarsi che le persone coinvolte rappresentino tutte le fasce di pubblico, anche quelle che tendono ad essere sottorappresentate, quali gli anziani, i bambini e le minoranze etniche.

3.2.3 Quantificazione e percezione del rumore

La descrizione puramente quantitativa della rumorosità ambientale in termini di descrittori acustici quali L_{den} e L_{night} , per quanto rispondente allo stato dell'arte della tecnica, non corrisponde completamente alla percezione soggettiva del disturbo da rumore da parte dei cittadini. La percezione soggettiva infatti è legata anche alle caratteristiche spettrali e di occorrenza temporale del rumore. Per esempio, il rumore aeroportuale è generalmente ritenuto più fastidioso del rumore da traffico stradale, che a sua volta è ritenuto più fastidioso del rumore ferroviario [79], [28], [31], [32]. Influenzano il giudizio anche fattori quali l'età, la situazione sociale ed economica, e l'attitudine verso diversi mezzi di trasporto [77], [100]. Pertanto, il pubblico va consultato prima di decidere le priorità in maniera solo quantitativa e ciò va fatto con mezzi adeguati, quali distribuzione di questionari, interviste mirate, incontri specificamente rivolti al pubblico, ecc.

3.2.4 Consultazione del pubblico per i piani d'azione e valutazione ambientale strategica

Il D. Lgs. 194/05 [1] evidenzia all'art. 8 la necessità che il pubblico sia informato e consultato prima della definitiva adozione di un piano d'azione. Tuttavia il decreto non indica le fasi in cui è più opportuno procedere all'informazione ed alla relativa consultazione del pubblico, né fornisce indicazioni sui requisiti minimi dell'informazione e delle procedure di consultazione.

A questo riguardo occorre osservare che in generale i piani d'azione rientrano tra quelli che potrebbero essere assoggettati a valutazione ambientale strategica (VAS), in quanto possono sicuramente avere effetti significativi sull'ambiente e sul patrimonio culturale. Tuttavia non esiste nella legislazione nazionale un obbligo esplicito; in effetti il giudizio al riguardo potrebbe dipendere anche dai contenuti specifici che il piano prevede.

Nel corso del primo ciclo d'attuazione della END nella Regione Emilia-Romagna si è assunto che:

- i piani d'azione delle strade provinciali sono soggetti a procedura di verifica alla assoggettabilità a valutazione ambientale strategica (VAS). L'autorità competente ai fini dell'istruzione della VAS è la Regione.
- i piani d'azione degli agglomerati sono soggetti a procedura di verifica alla assoggettabilità a valutazione ambientale strategica (VAS). L'autorità competente ai fini dell'istruzione della VAS è la Provincia di riferimento.

In ogni caso si può osservare che:

- la valutazione ambientale strategica dovrebbe essere effettuata durante la fase preparatoria del piano d'azione ed anteriormente alla sua approvazione;
- le procedure amministrative della VAS dovrebbero essere integrate nelle procedure ordinarie in vigore per l'adozione ed approvazione dei piani d'azione;
- nel caso di piani d'azione gerarchicamente ordinati (piano strategico e conseguenti piani progettuali), le autorità competenti all'approvazione dovrebbero tener conto, al fine di evitare inutili duplicazioni, delle valutazioni già effettuate ai fini dell'approvazione del piano sovraordinato per l'approvazione dei piani d'azione sotto-ordinati.

Indipendentemente da questi obblighi, le prescrizioni del D. Lgs. 194/05, lette alla luce delle direttive in materia di informazione ambientale [12] e delle norme di buona tecnica a riguardo (UNI ISO 14063 [66]), possono essere correttamente adempiute inserendo nel percorso di elaborazione del piano momenti di informazione e coinvolgimento del pubblico secondo le indicazioni dei paragrafi seguenti.

3.2.5 Tempistica di informazione e consultazione

Le autorità competenti devono tenere conto dei tempi necessari all'accesso alla informazione da parte del pubblico e di conseguenza articolare tale accesso in più momenti e livelli di approfondimento.

L'informazione è datata, in modo da renderne trasparente il momento di raccolta e quello di accessibilità al pubblico.

Nel rispondere ai richiedenti, devono essere rispettati i tempi necessari per consentire agli stessi di utilizzare le risposte fornite nelle procedure di consultazione.

L'informazione al pubblico e la comunicazione si articolano in più momenti temporali al fine di:

- a) consentire l'esame di documenti preliminari per mettere a disposizione le informazioni in anticipo rispetto ai tempi fissati dalla legislazione per la partecipazione attiva mediante osservazioni, pareri, memorie; la definizione delle fasi di elaborazione dei documenti (per esempio preliminare, definitivo, esecutivo) è resa nota in modo adeguato;
- b) consentire all'autorità competente ed ai soggetti dalla stessa incaricati di aggiornare tempestivamente i dati e validarli prima della loro emissione.

La consultazione del pubblico accompagna tutta la procedura di elaborazione e applicazione del piano d'azione; si prevedono in particolare quattro momenti specifici:

- 1) **consultazione prima della definizione del piano**; svolta a valle della definizione della mappatura acustica, ha la finalità di:
 - raccogliere informazioni e osservazioni correttive sulla mappatura: incongruenze, errate trascrizioni delle definizioni d'uso in atto;
 - raccogliere le informazioni preventive dalle amministrazioni interessate dal piano;
 - fornire informazioni sul percorso di adozione del piano: soggetti interessati, percorso di lavoro, tempi e modalità;
- 2) **consultazione dopo la definizione del piano**; ha la finalità di:
 - raccogliere informazioni e osservazioni correttive, in particolare su:
 - a) l'orizzonte temporale adottato;
 - b) le risorse rese disponibili;
 - c) gli eventuali criteri di esclusione di alcune tipologie di interventi;
 - d) gli eventuali criteri di esclusione di alcune aree critiche;
 - e) i criteri di assegnazione delle priorità utilizzati;
 - f) l'organizzazione dei diversi processi di verifica previsti;
 - fornire delucidazioni sulle fasi successive;
- 3) **consultazione prima dell'attuazione del piano**; ha la finalità di:
 - illustrare la progettazione definitiva/esecutiva dei singoli interventi,
 - raccogliere osservazioni;
- 4) **consultazione durante il monitoraggio del piano**; ha la finalità di:
 - raccogliere osservazioni sulla efficacia del piano,

- raccogliere osservazioni per il successivo piano.

La consultazione del pubblico dovrebbe essere garantita anche nelle fasi di adeguamento ed aggiornamento dei piani.

3.2.6 *Contenuti e obiettivi*

I contenuti acustici delle informazioni relative ai piani d'azione sono rappresentati da:

- sintesi divulgativa delle attività, metodologie e risultati della mappatura acustica;
- tavole del territorio oggetto di pianificazione, con indicazione dei valori ambientali misurati o stimati per gli edifici o per aree delimitate da curve di isolivello, con visualizzazione dei superamenti dei valori limite e delimitazione delle aree e delle relative sorgenti critiche;
- tavole del territorio oggetto di pianificazione, con indicazione puntuale dei valori ambientali misurati o stimati per punti significativi quali aree o edifici di particolare tutela;
- tavole del territorio oggetto di pianificazione, con rappresentazione reale e/o puntuale dei diversi scenari ipotizzati dal piano d'azione;
- valori tabulati ritenuti utili per integrare le informazioni contenute nei grafici, particolarmente per quanto riguarda:
 - a) le sorgenti sonore individuate come oggetto di intervento;
 - b) il numero di esposti attuali e futuri a determinati valori o superamenti di valori;
 - c) sintesi divulgativa delle attività, metodologie e risultati della pianificazione; analisi costi benefici, elementi che verranno utilizzati per la valutazione delle misure previste;
 - d) sintesi delle consultazioni pubbliche.

Nell'elaborazione delle informazioni rese al pubblico sono evidenziati i contenuti trasmessi alla Commissione Europea, attraverso il Ministero dell'Ambiente, precisandone la data di trasmissione e la periodicità di aggiornamento.

La consultazione viene attivata al fine di raccogliere le considerazioni del pubblico su:

- gli esiti della mappatura acustica;
- indicazioni di strategie e pianificazioni concorrenti già adottate o in corso di adozione da parte di altre autorità;
- le linee di intervento previste;
- le tipologie d'azione previste;
- i criteri di valutazione costi/benefici che si intendono adottare;
- i criteri di verifica delle azioni costituenti il piano che si intendono adottare.

3.2.7 Fonti e strumenti

L'informazione al pubblico si avvale di quanto elaborato dall'autorità competente per rispondere alle finalità tecniche previste dal D. Lgs. 194/05, scegliendo all'interno del materiale disponibile i contenuti tecnici di maggiore comprensione e interesse da parte del pubblico ed elaborandone sintesi adeguate; è opportuna la citazione del riferimento specifico e dettagliato alle fonti utilizzate: documento, pagina, edizione. Le sintesi tecniche e grafiche si ispirano ai principi di trasparenza, appropriatezza, responsabilità e credibilità.

La consultazione del pubblico riguardo alle proposte contenute nei piani d'azione avviene secondo un calendario divulgato alla generalità della popolazione secondo procedure analoghe a quelle prescritte per la VAS (per esempio, pubblicato su almeno due quotidiani, tra quelli a maggiore diffusione locale e nazionale), precisando:

- tempi, luoghi e modalità di partecipazione alle pubbliche consultazioni;
- tempi e modalità di partecipazione ai forum telematici;
- tempi, luoghi e modalità di partecipazione alle consultazioni previste per specifiche categorie interessate dal piano.

La diffusione dell'informazione e la promozione della partecipazione si avvalgono di strumenti adeguati allo specifico gruppo di interesse o pubblico cui intendono rivolgersi; la definizione dei gruppi obiettivo, degli obiettivi e traguardi di comunicazione fanno parte dell'informazione resa disponibile al pubblico.

I mezzi utilizzabili per l'informazione e la consultazione del pubblico includono:

- siti web dedicati;
- opuscoli a diffusione gratuita, anche dedicati per specifici gruppi obiettivo (scuole, associazioni ambientali, ecc.);
- supporti informatici a diffusione gratuita, anche dedicati per specifici gruppi obiettivo (scuole, associazioni ambientali, ecc.);
- campagne di comunicazione tramite poster;
- brevi comunicazioni a mezzo stampa;
- giornate dedicate al problema rumore;
- incontri di informazione tecnica, ad un livello accessibile al pubblico generico;
- incontri aperti alla raccolta delle osservazioni del pubblico.

3.2.8 Disponibilità e mantenimento dei dati

Le informazioni relative ai contenuti delle mappe acustiche strategiche e dei piani d'azione devono essere rese disponibili in modo permanente al pubblico mediante siti web istituzionali quali:

- siti web della amministrazione o ente competente;
- siti web della rete di agenzie ambientali.

Altre forme di disponibilità, utilizzabili in particolare verso specifici gruppi obiettivo sono:

- link ai siti delle associazioni ambientali riconosciute che ne facciano richiesta;
- link ai siti di titolari e o gestori di sorgenti sonore che ne facciano richiesta;
- diffusione di supporti informatici nelle scuole e biblioteche che ne fanno richiesta;
- consegna di supporti informatici ai soggetti che ne fanno richiesta;
- trasmissione cartacea o per posta elettronica a gruppi obiettivo.

3.2.9 Raccolta delle osservazioni

La consultazione del pubblico, nelle quattro fasi previste al punto 3.2.5, può svolgersi secondo modalità già previste da indicazioni legislative nazionali o locali.

In particolare, per la consultazione dopo la definizione del piano le osservazioni vengono raccolte sia in formato libero sia in moduli disponibili via web.

I tempi concessi al pubblico per la formulazione di osservazioni non dovrebbero essere minori di 45 giorni.

I piani d'azione sono adottati tenendo conto delle osservazioni del pubblico.

3.2.10 Resoconto delle consultazioni

Al fine di produrre il resoconto delle consultazioni pubbliche organizzate, l'autorità competente elabora ed applica le procedure per monitorare nel tempo l'effettivo accesso del pubblico, sia in termini quantitativi sia in termini qualitativi, con particolare riferimento ai richiedenti.

3.3 Fase 3 - Pianificazione strategica preliminare

3.3.1 Finalità

Nella fase di pianificazione strategica preliminare si definiscono le scelte strategiche che orientano il piano d'azione, si individuano gli ambiti territoriali coinvolti, si delincono i possibili interventi risolutivi, pur senza entrare in dettagli progettuali. La pianificazione strategica preliminare è un'attività complessa che si articola in più sottofasi, come di seguito descritto.

3.3.2 Individuazione delle aree critiche

Per "aree critiche" si intendono generalmente le aree dove sia il livello sonoro che il numero di persone esposte sono elevati. Convenzionalmente, in un campo coperto da disposizioni legislative cogenti, il livello sonoro è tanto più elevato quanto più supera i valori limite di legge. Per includere anche il numero di persone esposte deve essere applicato un

indicatore di criticità composito (cfr. punto 5.1) che tenga conto sia dei livelli sonori presenti sia del numero di persone esposte a tali livelli. Si noti che l'osservanza esclusiva del superamento dei valori limite di legge non distingue tra aree densamente popolate e aree meno popolate; proprio per questo la direttiva 2002/49/CE all'art. 8, comma 1, osserva che le priorità “... possono essere individuate sulla base del superamento dei valori limite pertinenti o di altri criteri scelti dagli Stati membri ...”.

L'individuazione delle criticità si basa sulle risultanze del processo di mappatura acustica, che ha preceduto l'elaborazione del piano d'azione, e sulle richieste, risposte ed osservazioni provenienti dal pubblico (punto 3.2). Può inoltre basarsi su ulteriori analisi tecniche delle sorgenti sonore e dei percorsi di propagazione sonora, oppure su analisi della percezione sonora e del *soundscape* (cfr. punto 3.3.4).

In questa fase vengono individuate le singole aree critiche e le relative sorgenti critiche. Ogni area critica viene caratterizzata attraverso uno specifico indice di criticità.

Per individuare correttamente le criticità occorre:

- Evidenziare le aree dove si hanno superamenti dei valori limite di legge; a questo proposito occorre considerare come i descrittori acustici europei, prescritti dalla END, si possono rapportare ai valori limite della legislazione nazionale, espressi tramite altri descrittori: si veda in proposito il punto 14.1.
- Adottare un indicatore di criticità che tenga conto sia dell'entità del superamento dei valori limite di legge sia dell'entità della popolazione esposta a tale superamento; si veda in proposito il punto 5.1.
- Definire i metodi per l'individuazione delle criticità; si veda in proposito il punto 5.6.1.

I criteri per l'individuazione delle criticità sono descritti nel punto 5.6.1.

Particolare importanza riveste l'individuazione dei ricettori sensibili e delle zone silenziose, ai quali sono rispettivamente dedicati i punti 3.3.3 e 3.3.5.

3.3.3 Ricettori sensibili

Per “**ricettori sensibili**” si intendono generalmente ospedali, case di cura e riposo e assimilati, le scuole di ogni ordine e grado, i parchi pubblici e simili.

Da un punto di vista operativo, quando si dispone di una cartografia digitale completa, i ricettori sensibili possono essere individuati mediante un campo specifico nelle informazioni associate agli edifici nella cartografia digitale. Se non si dispone di tali informazioni, ci si può basare sul fatto che i ricettori sensibili dovrebbero risiedere in aree particolarmente tutelate dal punto di vista acustico, e dunque poste in classe I ai sensi del D.P.C.M. 14 novembre 1997 [5]. Pertanto possono essere facilmente identificati sulle base della classificazione acustica del territorio comunale (o “zonizzazione acustica”).

La disponibilità delle informazioni sulla classificazione acustica del territorio di tutti i comuni interessati dalla mappatura è necessaria non soltanto per l'individuazione dei ricettori

sensibili (e delle aree silenziose negli agglomerati, cfr. punto 3.3.5), ma anche per determinare il superamento dei valori limite di livello sonoro vigenti e quindi delimitare le aree di criticità acustica su cui predisporre i piani di azione.

I dati relativi alla zonizzazione acustica disponibili presso i Comuni comprendono:

- **carta della zonizzazione acustica**, preferenzialmente in un formato elettronico standard supportato dai principali sistemi GIS. La mappa deve coprire tutta l'area comunale interessata dalla mappatura. Essa deve essere **georeferenziata** nello stesso sistema di riferimento utilizzato per la cartografia impiegata per la mappatura acustica, al fine di garantire la sovrapposibilità ed integrazione dei vari strati informativi. Il file deve essere di tipo poligonale e ad ogni poligono deve essere associata la corrispondente classe acustica. Nel caso di file disponibile in formato CAD, le zone devono essere rappresentate come polilinee chiuse ed a ciascuna zona deve essere automaticamente associabile come attributo la corrispondente classe acustica. A questo proposito, occorre evitare, che la classe acustica sia associata esclusivamente ad attributi grafici (“retinatura”) del poligono. E' possibile che si verifichino incongruenze per le zone al confine di Comuni limitrofi, a causa di ambiguità sui limiti amministrativi. In questo caso si possono prendere a riferimento i confini comunali adottati dalla Regione. Dalla carta della zonizzazione, in particolare, deve essere possibile evincere:
 - i ricettori sensibili (scuole, ospedali, case di cura e di riposo, parchi, ecc.);
 - le principali sorgenti sonore (industrie, infrastrutture di trasporto).
- **Relazione tecnica**, preferibilmente in formato elettronico. La relazione può essere utile per consultazione, soprattutto per individuare situazioni particolari e per conoscere il clima di rumore rilevato attraverso le indagini fonometriche effettuate.

In assenza della zonizzazione acustica i valori limite sono indicati nell'art. 6 del D.P.C.M. 1 marzo 1991 [2] e gli atti di riferimento sono costituiti dagli strumenti urbanistici vigenti o adottati (PRG o PSC).

3.3.4 Valutazioni puramente quantitative e soundscape

Vi sono sostanzialmente due metodi per l'analisi delle criticità: la considerazione delle sorgenti sonore e dei percorsi di propagazione sonora, oppure l'analisi della percezione sonora e del *soundscape*.

L'analisi delle sorgenti sonore e dei percorsi di propagazione sonora tenta di rispondere alle seguenti domande:

- Quali sono le sorgenti sonore rilevanti per una data area ?
- Quali fattori influenzano la generazione del rumore ?
- Quali fattori influenzano la propagazione del rumore ?
- Quando si verifica il disturbo da rumore ?
- Chi è disturbato dal rumore?

Le risposte, qui presentate in forma necessariamente sintetica e generica, potrebbero essere:

- In una determinata area la sorgente sonora più rilevante è il rumore da traffico (sulla base di modelli matematici e/o di misurazioni).
- I fattori che influenzano la generazione del rumore sono principalmente l'elevato numero di veicoli, lo stato della superficie stradale, la congestione del traffico (sulla base di analisi parametriche compiute con modelli matematici).
- I fattori che influenzano la propagazione del rumore sono la conformazione della strada e le riflessioni sugli edifici (sulla base di analisi parametriche compiute con modelli matematici).
- Il disturbo acustico è continuativo ma è chiaramente più elevato nelle ore di punta (sulla base di misurazioni).
- Il disturbo acustico colpisce tutti i residenti, in particolare gli occupanti della scuola che si affaccia sulla strada.

L'analisi della percezione sonora e del *soundscape* è complementare a quella basata su descrittori quantitativi, in quanto questi non possono tenere conto di tutti i fattori che influenzano la percezione soggettiva del disturbo. Per esempio, pochi eventi rumorosi in periodo notturno possono causare un forte disturbo anche se non innalzano di molto il valore di L_{night} . Inoltre differenti sorgenti causano differenti gradi di disturbo a parità di livello sonoro (tipico è il caso del confronto tra rumore stradale e rumore ferroviario [79]). In questi casi i cosiddetti descrittori psicoacustici possono rappresentare la valutazione della situazione meglio di misurazioni di livello sonoro [89].

Se poi si considera che la percezione delle caratteristiche acustiche di un sito è influenzata anche dal suo aspetto estetico, dall'atmosfera tipica del luogo, dalle sensazioni evocate, dalla situazione psicologica dei fruitori, ecc. si capisce perché sia stata proposta l'analisi del "paesaggio sonoro" o *soundscape*. Questo approccio generalmente comprende analisi morfologiche del sito, interviste con i frequentatori del luogo e le cosiddette passeggiate sonore (*sound walks*). In quest'ultimo caso un rilevatore percorre tragitti tipici dell'area investigata e registra gli eventi sonori con sistemi binaurali, creando un'immagine sonora spazializzata delle percezioni dei frequentatori. La registrazione permette l'identificazione delle singole sorgenti sonore e l'analisi della loro qualità: spettro sonoro, intensità in funzione del tempo, effetti spaziali, ecc. [90].

3.3.5 Individuazione delle zone silenziose

La END e il decreto di recepimento in Italia distinguono tra zone silenziose interne ed esterne ad un agglomerato.

Zone silenziose di un agglomerato – Secondo il D. Lgs. 194/05 [1] per "zona silenziosa di un agglomerato" si intende una zona delimitata dall'autorità comunale nella quale L_{den} o un

altro indicatore acustico appropriato relativo a qualsiasi sorgente non superi un determinato valore limite. Non sono fornite indicazioni sui valori limite da adottare. Il dibattito scientifico sulla identificazione di queste zone è ancora aperto, ma è comunque chiaro che essa dipende non solo dai livelli sonori rilevati, ma anche dall'uso e dalla pianificazione del territorio, dal particolare ambiente sonoro, ecc., rientrando a buon diritto nell'ambito degli studi sul *soundscape*.

Zone silenziose esterne agli agglomerati – Nel D. Lgs. 194/05 [1] sono definite “zone silenziose esterne agli agglomerati” le zone non influenzate dalle emissioni sonore prodotte dalle infrastrutture principali di trasporto. La definizione è più che altro di tipo qualitativo e non sono fornite indicazioni né sul descrittore acustico da utilizzare né sui valori limite da adottare. Anche a livello europeo le indicazioni su questo tema si limitano, al momento, ad alcuni suggerimenti e non sono indicati criteri formali di individuazione delle zone silenziose [28]. Si ritiene attualmente che, ancor più delle zone silenziose degli agglomerati, esse rientrino a buon diritto nell'ambito degli studi sul *soundscape*.

In mancanza di criteri definitivi e nell'attesa di ulteriori specifiche di legge, **l'Autorità competente è responsabile** della definizione dei criteri per l'identificazione e la delimitazione delle zone silenziose. Di seguito si indicano tre approcci possibili.

- **Approccio minimale:** consiste nel fare riferimento al D.P.C.M. 14 novembre 1997 [5], identificando come zone silenziose, sia interne che esterne agli agglomerati, le aree appartenenti alla Classe I “Aree particolarmente protette” nelle quali sono effettivamente rispettati i valori limite di rumorosità imposti dal decreto. Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.
- **Approccio adottato dalla municipalità di Amburgo** [101]: si stabilisce una gerarchia di zone silenziose:
 - *grandi spazi aperti*, differenziati tra silenziosi (livello sonoro < di 55 dB(A)) e molto silenziosi (livello sonoro < di 45 dB(A)). L'analisi dei dati rilevati per Amburgo porta a concludere che la dimensione lineare minima di tali aree deve essere di almeno 320 m e 3400 m, rispettivamente.
 - *spazi aperti relativamente silenziosi nel centro cittadino*, definiti come gli spazi dove il livello sonoro è inferiore di 6 dB rispetto alle aree circostanti. L'analisi dei dati rilevati per Amburgo porta a concludere che la dimensione lineare minima di tali aree deve essere di almeno 200 m.
 - *cammini tranquilli*, definiti come percorsi in spazi aperti attraenti a fianco di strade principali. La dimensione lineare minima di tali percorsi deve essere di almeno 1000 m.
 - *oasi urbane*, definite qualitativamente come spazi utilizzati per attività ricreative e considerati silenziosi dagli utenti, sulla base di consultazioni del pubblico.

- **Approccio basato sulle teorie del *soundscape***: è l'approccio più complesso, che richiede di compiere uno studio ad hoc, per identificare le zone silenziose sulla base delle teorie disponibili relativamente al *soundscape*.

3.3.6 *Definizione dell'ambito di intervento*

Definire l'ambito di intervento significa selezionare le aree critiche da includere nel piano d'azione. La scelta dipende dalle risposte che, per ogni caso specifico, si danno a domande come le seguenti:

- Qual è realisticamente il budget allocabile per il risanamento acustico nel quinquennio di validità del piano d'azione (il budget disponibile influenza non solo la scelta degli interventi tecnicamente possibili, ma anche la scelta delle aree critiche da trattare) ?
- È preferibile un modesto abbattimento acustico per un grande numero di persone o un forte abbattimento acustico per un modesto numero di persone ?
- È accettabile lasciare irrisolte alcune aree critiche, rimandando eventualmente a soluzioni da attuare nel quinquennio successivo ?
- Quali strategie di intervento sono più efficaci ?
- Quali strategie di intervento sono più efficienti, in termini di rapporto costo-benefici ?
- È possibile individuare sinergie (o conflitti) tra interventi differenti o tra interventi fattibili in determinate aree e interventi già pianificati per altri scopi ?
- Quali sono i tempi stimati per la realizzazione dei prevedibili interventi di abbattimento acustico area per area ? Rientrano nei cinque anni di validità del piano ?
- Interventi e tempi prevedibili rispondono alle aspettative dei cittadini ?
- Le sorgenti di rumore coinvolte ed i relativi interventi previsti area per area rientrano nelle competenze dell'autorità responsabile del piano d'azione o è necessario coinvolgere altri gestori ?
- È possibile stabilire con criteri oggettivi delle priorità tra aree critiche e tra tipologie di interventi ?

In sostanza, si opera in un sistema a risorse economiche limitate, per cui non è possibile risolvere completamente tutte le criticità presenti, ma occorre compiere delle scelte. Tali scelte sono logicamente distinte da quelle che si compiono per valutare la miglior soluzione possibile per ogni area critica, ma non sono del tutto indipendenti. La selezione dei metodi, infatti, influenza il costo degli interventi e quindi, a budget fissato, il numero ed il tipo di aree che si riesce a trattare. In quest'ottica è possibile che, dopo una prima analisi, si decida di escludere, eventualmente in maniera temporanea, alcune soluzioni efficaci ma molto costose per ottenere, in cambio, una più diffusa riduzione dell'inquinamento acustico con le risorse immediatamente disponibili. È tuttavia necessario, per garantire chiarezza e coerenza al piano d'azione, che **i due processi di selezione, quello relativo alle aree su cui intervenire e quello relativo alle tipologie di interventi prese in esame, siano esplicitati separatamente.**

La selezione delle aree su cui intervenire può essere fatta:

- per esclusione, dopo aver ordinato le aree stesse per gravità, limitando l'intervento al budget disponibile;
- a priori, fissando soglie di gravità al di sotto delle quali non si interviene con il piano in esame;
- a priori, sulla base di strategie di lungo periodo di cui il piano tiene conto; per esempio si può decidere di escludere interventi su aree per le quali sia prevista una radicale variazione della situazione in conseguenza di "varianti" già previste nel medio o lungo periodo.

Più in generale la selezione viene effettuata sulla base dei criteri riportati nella tabella 3.

Questo tipo di selezione si colloca, generalmente, nelle fasi iniziali di elaborazione del piano d'azione ed è volta anche a limitare i costi di studio e progettazione, così come a circoscrivere gli ambiti della consultazione del pubblico. Tuttavia i criteri di efficienza ed efficacia ed una parte di quelli di opportunità e urgenza non possono essere valutati finché non sia completata la definizione degli interventi prescelti (punti 3.3.8 e 3.4.3). Quindi in generale il criterio di selezione sommaria stabilito in fase di pianificazione preliminare o di piano strategico può essere raffinato e parzialmente rivisto nelle fasi successive.

La selezione dell'ambito di intervento dovrebbe essere in ogni caso trasparente e motivata.

Tabella 3 – Criteri di selezione dell'ambito di intervento.

Tipologia	Caratteristiche
Gravità	Privilegiano gli interventi da effettuarsi nelle aree dove gli effetti dell'inquinamento acustico sono più gravi.
Urgenza	Privilegiano gli interventi nelle aree dove sia necessario intervenire il più presto possibile o prima di una data stabilita. Tenuto conto della definizione precedente sono considerati tra i criteri di urgenza solo i fattori che non dipendono dai livelli sonori presenti nell'area. A titolo d'esempio rientrano in questa categoria: la disponibilità di finanziamenti ad hoc per interventi in alcune aree, vincoli che non consentono in alcune aree la realizzazione delle opere o l'apertura dei relativi cantieri dopo una certa data, la necessità che le opere in certe aree siano concluse presto per consentire la realizzazione di altri interventi, ecc.
Efficienza	Privilegiano gli interventi dove, a parità di risorse impiegate, si ottengono i risanamenti più consistenti e/o più estesi.
Efficacia	Privilegiano gli interventi che ottengono i risanamenti più consistenti. Escludono interventi in quelle aree dove le soluzioni ipotizzate producano risultati molto parziali.
Opportunità	Tengono conto, in maniera generalmente qualitativa, di considerazioni che rendono fortemente indesiderata la realizzazione di un determinato intervento o che ne suggeriscono la collocazione in una determinata finestra temporale.

3.3.7 Ricognizione degli indirizzi di pianificazione

La ricognizione degli indirizzi di pianificazione consiste nell'analisi delle azioni di gestione del territorio già in programma a seguito di politiche non connesse con la tematica dell'inquinamento acustico. Le azioni sulla mobilità e sulla pianificazione possono avere una ricaduta benefica anche per la riduzione dell'inquinamento acustico. Un ruolo del piano d'azione può essere quello di recepire tali strumenti e, quando possibile e necessario, valutare la possibilità di modificarli al fine di un'ottimizzazione degli aspetti acustici.

3.3.8 Individuazione delle soluzioni praticabili

L'elaborazione del piano d'azione richiede che per ciascuna area critica compresa nell'ambito di intervento selezionato si prospettino le possibili soluzioni. Qualunque sia il tipo di piano d'azione considerato, strategico o progettuale, si dovrebbe dare una valutazione, seppur approssimata, della capacità delle soluzioni prese in esame di risolvere completamente le criticità, anche al fine di facilitare l'elaborazione delle fasi successive del piano d'azione.

L'analisi delle soluzioni praticabili richiede una valutazione integrata su due livelli:

- a) analisi delle sinergie con gli interventi già pianificati;
- b) definizione dei potenziali nuovi interventi.

Nel primo caso, si tratta di procedere ad una valutazione delle potenziali ricadute, in termini di inquinamento acustico, delle azioni definite nell'ambito dei piani e programmi di gestione del territorio. Tale valutazione è funzionale a definire, in generale, l'utilità di un progetto ai fini della riduzione del rumore; essa, pertanto, può essere condotta in modo semplificato, anche attraverso l'ausilio di dati di letteratura o di valutazioni di tipo statistico.

Nel secondo caso, la definizione dei nuovi potenziali interventi viene orientata ad individuare le soluzioni di tipo diretto (realizzazione di barriere acustiche, interventi sulle superfici stradali, interventi sugli edifici, ecc.) e/o indiretto (indirizzi in sede di pianificazione, adeguamento strumenti urbanistici e regolamentari, ecc.) possibili. La valutazione viene effettuata attraverso un'analisi di massima della fattibilità degli interventi in relazione ai possibili vincoli tecnici, territoriali ed economici.

In entrambe le valutazioni risulta indispensabile il dialogo tra i tecnici acustici incaricati dell'elaborazione del piano d'azione e le differenti professionalità indirettamente coinvolte, quali progettisti strutturali, urbanisti, pianificatori, gestori della mobilità e delle infrastrutture, ecc.

Al termine di questa fase si perviene ad uno schema del tipo di quello riportato nella tabella 4. Lo schema dovrebbe essere accompagnato da una descrizione sintetica delle soluzioni previste.

I criteri per l'individuazione delle soluzioni praticabili sono descritti nel capitolo 7 (Appendice D).

Tabella 4 – Esempio di schema delle soluzioni praticabili (da [40]).

Area Critica N.	Interventi già pianificati	Interventi nuovi
1	Rinnovo dei mezzi pubblici	Asfalto silente
	Realizzazione 2 ^a linea metropolitana	Riduzione limite di velocità
	Politiche di incentivo al trasporto pubblico	
2	Rinnovo dei mezzi pubblici	Barriere acustiche
		Interventi sui ricettori

3.4 Fase 4 - Definizione del piano d'azione

3.4.1 Finalità

Questa fase è finalizzata all'approvazione del piano d'azione definitivo, nel quale siano individuati gli specifici interventi da adottare per ogni area critica, il programma temporale degli interventi, le risorse economiche previste, i soggetti coinvolti, ecc.

Il processo di definizione del piano prende avvio dalla pianificazione strategica preliminare e si sviluppa attraverso una serie di sottofasi, descritte nel seguito.

3.4.2 Valutazioni costi e benefici

Per ogni soluzione praticabile individuata dovrebbero essere quantificati i costi ed i benefici previsti.

La valutazione costi/benefici è uno strumento essenziale per la successiva fase di selezione degli interventi da adottare nelle differenti aree critiche.

I criteri per la valutazione dei costi sono riportati nel punto 1.8.1.

I criteri per la valutazione dei benefici sono riportati nel punto 1.8.2.

3.4.3 Selezione degli interventi per area

La selezione degli interventi da realizzare per ogni area critica si fonda su differenti criteri di valutazione, riportati nella tabella 5.

I criteri di efficienza ed efficacia sono definiti generalmente attraverso valutazioni quantitative di vario tipo, chiamati nella loro generalità "punteggi di priorità" e trattati per esempio nella UNI/TR 11327 [40]. Per la determinazione di detti criteri risultano fondamentali le valutazioni costi/benefici effettuate nella fase precedente.

Gli altri criteri, invece, sono generalmente valutati in maniera qualitativa o dicotomica (consentito-vietato).

Nonostante il fatto che le esperienze condotte fino ad oggi su questa materia abbiano spesso lasciato implicita la selezione degli interventi, è evidente che questa risulta uno dei cardini che caratterizzano il piano proposto. Pertanto affinché la logica del piano sia trasparente e possa essere verificata la coerenza con i principi adottati dal proponente è necessario:

- motivare la selezione degli interventi effettuata per ciascuna area/sorgente critica;
- chiarire il rapporto tra le valutazioni che vengono operate sulla base dei punteggi di priorità e le scelte che vengono invece operate sulla base degli altri elementi di valutazione (qualitativi o dicotomici);
- stabilire con attenzione l'eventuale algoritmo di assegnazione dei punteggi.

Tabella 5 – Criteri di selezione degli interventi per area critica.

Tipologia	Caratteristiche
Efficienza	Privilegiano gli interventi con i quali, a parità di risorse impiegate, si ottengono i risanamenti più consistenti e/o più estesi.
Efficacia	Privilegiano gli interventi che raggiungono il maggior livello di protezione dal rumore inteso come eliminazione delle criticità.
Urgenza	<p>Privilegiano gli interventi che possono essere realizzati in tempi brevi.</p> <p>A titolo d'esempio rientrano in questa categoria valutazioni sul fatto che certe tipologie di intervento richiedono tempi di realizzazione troppo lunghi rispetto agli obiettivi del piano, la disponibilità di finanziamenti ad hoc per alcuni interventi, la necessità di realizzare alcuni interventi in maniera concomitante con i cantieri di opere già prossime alla realizzazione, ecc.</p>
Opportunità	<p>Tengono conto, in maniera generalmente qualitativa, di considerazioni che rendono fortemente indesiderata la realizzazione di un determinato intervento o che ne suggeriscono la collocazione in una determinata finestra temporale; rientrano tra questi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - criteri di valutazione dell'impatto paesaggistico; - criteri ecologici (per esempio relativi alla separazione di habitat prodotta da alcune mitigazioni in progetto); - criteri relativi alla qualità della vita in genere (alterazioni delle condizioni di illuminazione e aerazione delle abitazioni, della sicurezza degli spazi di vita ecc.); - criteri di valutazione dell'influenza e della sicurezza di una infrastruttura; - strategie di lungo periodo sulla scelta delle soluzioni.

Seguendo l'esempio del piano d'azione di Norderstedt [102], gli interventi selezionati possono essere elencati raggruppandoli per anno finanziario, come esemplificato in tabella 6.

Tabella 6 – Esempio di presentazione sinottica degli interventi.

Data prevista	Area critica	Intervento previsto	Effetto previsto, dB(A)	Costo stimato	Conflitti o sinergie	Altre sorgenti sonore
2008	Area critica nei pressi della strada "X"	Riduzione della velocità da 50 km/h a 30 km/h	-2,4 dB(A)	10000 € per ogni chicane	Aumentata sicurezza stradale	Presenza di sorvoli aerei

3.4.4 Definizione ed approvazione del piano

Una volta definito il quadro degli interventi proposti per ciascuna area critica si può procedere ad una quantificazione degli impegni economici complessivi che la realizzazione del piano richiede (impegni stabiliti dal quadro degli interventi significativi già deliberati ed evidenziati nella pianificazione strategica preliminare più impegni ulteriori aggiunti nella fase di definizione del piano) e dei tempi di progettazione necessari per passare alla realizzazione delle diverse opere. Questa analisi diviene la base su cui si fonda la definizione della proposta di piano generale e più specificamente della proposta di interventi per il quinquennio in esso contenuta.

La proposta di piano è sottoposta alla consultazione del pubblico riguardo all'organizzazione complessiva delle scelte strategiche alle quali si ispira ed in particolare:

- le risorse rese disponibili;
- gli eventuali criteri di esclusione di alcune tipologie di interventi;
- gli eventuali criteri di esclusione di alcune aree critiche;
- i criteri di assegnazione delle priorità utilizzati;
- l'organizzazione dei diversi processi di verifica previsti.

Le osservazioni formulate dal pubblico, nel caso siano recepite, possono richiedere una revisione della proposta di piano. La revisione può comprendere una rielaborazione di tutte le fasi precedenti, a partire dalla selezione dell'ambito di intervento.

Nel caso le osservazioni non vengano recepite, secondo la legislazione vigente [1], [12] deve essere data una adeguata motivazione.

Al termine di questa fase si perviene alla predisposizione del piano d'azione definitivo e alla sua approvazione da parte dell'autorità competente.

3.4.5 Rilevanza delle scelte gestionali nel piano d'azione

Poiché, nei casi complessi come quelli degli agglomerati urbani, la struttura gestionale del piano ha una rilevanza pari a quella dei suoi contenuti progettuali, in ordine alla efficacia del

dispiegamento degli interventi di contenimento del rumore, le soluzioni gestionali adottate dovrebbero essere documentate tra le scelte definite formalmente nel piano d'azione.

3.5 Fase 5 - Attuazione del piano d'azione

L'attuazione del piano si concretizza in una prima fase di progettazione definitiva/esecutiva degli interventi previsti.

In tale fase possono sorgere elementi significativi di novità, tanto maggiori quanto più è stata sommaria la definizione degli interventi nel processo di elaborazione del piano. Tali elementi possono riguardare la reale fattibilità dell'opera o dell'intervento previsto, il suo reale dimensionamento, o più semplicemente alcuni degli elementi di valutazione che ne hanno determinato l'inserimento nel piano e la priorità di realizzazione, quali l'effettiva entità della popolazione da proteggere, il costo dell'opera, ecc.

Alcune di queste novità possono modificare in maniera significativa i presupposti della realizzazione dell'opera e richiedono quindi una rivalutazione dell'appropriatezza del piano ed una sua eventuale correzione. Un simile procedimento presenta in genere delle notevoli difficoltà e tempi stretti per assumere le decisioni conseguenti: è quindi importante che siano preliminarmente definite, come parte integrante del piano approvato, le **casistiche** che la richiedono, ed i **soggetti** che intervengono in tali casi.

3.6 Fase 6 - Monitoraggio del piano d'azione

Anche la fase di monitoraggio del piano, certamente successiva alla sua adozione, non va vista come del tutto indipendente. Infatti il succedersi quinquennale dei piani è inteso come un processo continuo in cui il monitoraggio del piano precedente costituisce la premessa per la definizione delle scelte strategiche del piano del quinquennio successivo. Occorre evidenziare a questo riguardo che il monitoraggio del piano verifica in primo luogo il realizzarsi delle azioni in esso previste ed il raggiungimento degli obiettivi specifici attesi come loro conseguenza. In questo senso anche la mappa acustica, prevista dal D. Lgs. 194/05 [1]a fondamento del piano successivo, tenuto conto delle semplificazioni e delle approssimazioni tipicamente praticate per la sua realizzazione, rischia di essere poco significativa a questo riguardo se non adeguatamente specializzata per tenere in conto gli effetti degli interventi di mitigazione realizzati col piano d'azione precedente.

Il monitoraggio del piano dovrebbe prevedere specifiche azioni di informazione e consultazione del pubblico.

4. APPENDICE A – SUI VALORI LIMITE DI LEGGE

4.1 *I valori limite di legge nella legislazione italiana*

In genere gli indicatori di criticità adottati per legge fanno riferimento a valori limite. Per esempio, il D.M. 29/11/2000 [8] basa esplicitamente l'indice di priorità P sulla differenza tra i valori di livello equivalente stimati ed i valori limite di legge italiani, espressi tramite il livello continuo equivalente ponderato A .

Infatti, si ritiene comunemente che non sia possibile valutare la criticità di una situazione senza fare riferimento a valori limite per determinare l'entità del superamento.

Il D. Lgs. 194/05, all'art. 5 comma 1, prescrive che “*ai fini dell'elaborazione e della revisione della mappatura acustica e delle mappe acustiche strategiche di cui all'articolo 3 sono utilizzati i descrittori acustici L_{den} e L_{night} calcolati secondo quanto stabilito all'allegato I*”.

D'altra parte, il D. Lgs. 194/05, all'art. 5 comma 2, specifica che “*entro centoventi giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro della salute, sentita la Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano, sono determinati, ai sensi dell'articolo 3 della legge n. 447 del 1995, i criteri e gli algoritmi per la conversione dei valori limite previsti all'articolo 2 della stessa legge, secondo i descrittori acustici di cui al comma 1*”.

Inoltre, il D. Lgs. 194/05, all'art. 5 comma 4, precisa che “*fino all'emanazione dei decreti di cui al comma 2 (decreti di conversione dei valori limite in valori di L_{den} e L_{night}) si utilizzano i descrittori acustici ed i relativi valori limite determinati ai sensi dell'articolo 3 della legge n. 447 del 1995*”.

Quindi: da una parte il D. Lgs. 194/05 richiede che le mappe acustiche siano elaborate utilizzando i descrittori L_{den} e L_{night} e precisa che i valori limite determinati ai sensi della legge n. 447 del 1995, cioè espressi tramite L_{Aeq} e L_{VA} , siano convertiti in valori di L_{den} e L_{night} ; dall'altra chiede di utilizzare (almeno per le mappe acustiche) i valori limite espressi tramite L_{Aeq} e L_{VA} , fino a che non sia stato emesso un decreto relativo alla conversione, tuttora atteso.

Questa situazione incompiuta determina il problema della possibile duplicazione dei calcoli: da una parte si devono produrre gli elaborati finali in base alla direttiva europea, utilizzando i descrittori L_{den} e L_{night} , dall'altra si dovrebbero ripetere i calcoli anche utilizzando i descrittori L_{Aeq} e L_{VA} , in modo da avere un riscontro chiaro con i valori limite di legge attualmente in uso in Italia.

4.2 I valori limite di legge per l'elaborazione dei piani d'azione

La confusione legislativa produce un problema tecnico: quali descrittori utilizzare? L'elaborazione delle mappe acustiche deve essere ripetuta due volte, una con i descrittori europei ed una con i descrittori italiani? Per risolvere il problema sono possibili le tre alternative seguenti.

Alternativa 1: adozione della procedura del doppio calcolo. Le mappe acustiche sono elaborate due volte, utilizzando sia i descrittori L_{den} e L_{night} sia i descrittori L_{Aeq} e L_{VA} ; il primo insieme di mappe, conforme al D. Lgs. 194/05 [1], è consegnato all'Unione Europea attraverso il Ministero dell'Ambiente; il secondo è utilizzato per il confronto con i valori limite determinati ai sensi della legge 447/95 [3]. Il rispetto formale delle leggi in vigore è assicurato, ma la duplicazione degli sforzi e dei tempi di calcolo, in un contesto a budget e tempi limitati, rischia di rendere non praticabile il programma di lavoro. Inoltre, il fatto di avere dei riferimenti per il risanamento espressi mediante indicatori diversi da quelli europei, obbligatori nella presentazione delle mappe acustiche, causa difficoltà nella comprensione e valutazione delle scelte di bonifica e del loro ordine di priorità; infatti l'ordine di priorità degli interventi può cambiare passando dal criterio di criticità del D. M. 29/11/2000 con il descrittore L_{Aeq} al criterio di criticità, suggerito nella *Good practice guide on noise exposure and potential health effects* [32], basato sull' ECU_{den} con i descrittori L_{den} e L_{night} , prescritti dalla direttiva END.

Alternativa 2: adozione esclusiva degli indicatori europei. Le mappe acustiche sono elaborate una sola volta, utilizzando i descrittori L_{den} e L_{night} . Le criticità sono valutate con il criterio dell' ECU_{den} , facendo cioè riferimento esclusivo alle fasce di valori di L_{den} e L_{night} riportate nella direttiva 2002/49/CE, senza considerare i valori limite di legge attualmente in vigore in Italia e ragionando solo sul numero di persone esposte e sulla gravità dell'esposizione. Questa alternativa ha il pregio della semplicità (non si ripetono i calcoli) e della coerenza (si utilizzano solo gli indicatori europei), ma può esporre alla critica di non avere considerato disposizioni di legge in vigore, segnatamente riguardo ai valori limite di cui al D.P.C.M. 14/11/97 [5]. In realtà il D. Lgs. 194/05 lascia ampia libertà di scelta della metodologia di determinazione delle criticità, delle priorità di intervento e delle modalità di attuazione, per cui basterebbe alla fine della procedura ripetere il calcolo della situazione dopo gli interventi di risanamento utilizzando i descrittori italiani, al solo fine di mostrare il confronto tra i valori attesi ed i valori limite vigenti. Tuttavia i responsabili delle amministrazioni potrebbero pesare maggiormente il rispetto formale delle disposizioni vigenti piuttosto che la coerenza tecnica.

Alternativa 3: adozione degli indicatori europei e conversione "tecnica" dei valori limite italiani. Le mappe acustiche sono elaborate una sola volta, utilizzando i descrittori L_{den} e L_{night} . Le criticità sono valutate sia con il criterio dell' ECU_{den} , che tiene conto della popolazione esposta in accordo al D. Lgs. 194/05 [1], sia confrontando i valori dei descrittori L_{den} e L_{night} calcolati con i valori limite vigenti in Italia, opportunamente convertiti in valori dei descrittori

L_{den} e L_{night} . I valori limite di legge italiani sono convertiti numericamente mediante un calcolo diretto, esplicito ed invertibile in valori L_{den} e L_{night} da utilizzare come termine di riferimento “tecnico” nei calcoli dei superamenti. Gli elaborati finali del piano d’azione sono ancora espressi in termini di L_{den} e L_{night} (e di persone esposte), conformemente al D. Lgs. 194/05, ma nel processo si sarà tenuto conto anche dei valori limite italiani, così come convertiti. Questa alternativa ha il pregio della semplicità (non si ripetono i calcoli), della coerenza (si utilizzano solo gli indicatori europei) e del rispetto formale dei valori limite in vigore in Italia. Al termine dell’elaborazione dei piani d’azione potranno essere valutati - una sola volta - anche i valori di livello sonoro continuo equivalente ponderato A, L_{Aeq} , attesi dopo gli interventi di risanamento; **questa è la soluzione raccomandata nelle presenti linee guida** (cfr. anche punto 2.5).

La tabella 7 riporta la conversione numerica dei valori limite della tabella C di cui al D.P.C.M. 14/11/1997 [5].

La tabella 8 riporta la conversione numerica dei valori limite di cui al D.P.R. 18/11/1998 [7] n. 459, artt. 4 e 5.

La tabella 9 riporta la conversione numerica dei valori limite di cui al D.P.R. 30/03/2004, n. 142 [9], allegato 1, tabelle I e II.

Il metodo utilizzato per la conversione dei valori limite mostrati nelle tabelle è il seguente.

Il valore limite per il livello giorno-sera-notte (*day-evening-night level*) L_{den} , espresso in decibel ponderati “A”, è definito dalla seguente espressione:

$$L_{den,lim} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(14 \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,lim\ diurno}}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,lim\ diurno+5}}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,lim\ notturno+10}}{10}} \right) - K \quad (1)$$

dove:

$L_{den,lim}$ è il valore limite del livello giorno-sera-notte (*day-evening-night level*) L_{den} ;

$L_{Aeq,lim\ diurno}$ è il valore limite del livello continuo equivalente ponderato “A”, in periodo diurno (ore 06-22) secondo la legislazione italiana;

$L_{Aeq,lim\ notturno}$ è il valore limite del livello continuo equivalente ponderato “A”, in periodo notturno (ore 22-06) secondo la legislazione italiana;

K è la correzione per l’esclusione della componente riflessa dalla facciata, pari a 0 dB (nessuna correzione) nel caso di calcolo dei livelli di rumore su di una griglia di punti ricettori e pari a 3 dB nel caso di calcolo dei livelli di rumore su di un insieme di punti ricettori posti in facciata agli edifici.

Il valore limite per il livello notturno L_{night} , espresso in decibel ponderati “A”, è definito dalla seguente espressione:

$$L_{night,lim} = L_{Aeq,lim\ notturno} - K \quad (2)$$

dove:

$L_{night,lim}$ è il valore limite del livello notturno L_{night} ;

$L_{Aeq,lim\ notturno}$ è il valore limite del livello continuo equivalente ponderato "A", in periodo notturno (ore 22-06) secondo la legislazione italiana;

K è la correzione per l'esclusione della componente riflessa dalla facciata, pari a 0 dB (nessuna correzione) nel caso di calcolo dei livelli di rumore su di una griglia di punti ricettori e pari a 3 dB nel caso di calcolo dei livelli di rumore su di un insieme di punti ricettori posti in facciata agli edifici.

Le presenti linea guida raccomandano l'uso degli indicatori europei e la conversione "tecnica" dei valori limite italiani (alternativa 3 precedente) nella stesura dei piani d'azione.

Al termine del lavoro saranno valutati una sola volta anche i valori di livello sonoro continuo equivalente ponderato A, L_{Aeq} , in periodo diurno e notturno, attesi dopo gli interventi di risanamento.

Tabella 7 – Conversione della tabella C di cui al D.P.C.M. 14/11/1997 in termini di L_{den} e L_{night} . Colonne 2 e 3: valori limite vigenti in Italia. Colonne 4 e 5: corrispondenti valori convertiti in termini di descrittori europei. $K = 3$ dB.

Classi di destinazione d'uso del territorio	Periodo diurno (06.00-22.00) L_{Aeq} in dB(A)	Periodo notturno (22.00-06.00) L_{Aeq} in dB(A)	L_{den} in dB(A)	L_{night} in dB(A)
I aree particolarmente protette	50	40	47,7	37
II aree prevalentemente residenziali	55	45	52,7	42
III aree di tipo misto	60	50	57,7	47
IV aree di intensa attività umana	65	55	62,7	52
V aree prevalentemente industriali	70	60	67,7	57
VI aree esclusivamente industriali	70	70	73,2	67

Tabella 8 – Conversione dei valori limite di cui al D.P.R. 18/11/1998 n. 459, artt. 4 e 5, in termini di L_{den} e L_{night} . Colonne 3 e 4: valori limite vigenti in Italia per le ferrovie. Colonne 5 e 6: corrispondenti valori convertiti in termini di descrittori europei. $K = 3$ dB.

Tipologia dei ricettori	Fascia di pertinenza in m	Periodo diurno (06.00-22.00) L_{Aeq} in dB(A)	Periodo notturno (22.00-06.00) L_{Aeq} in dB(A)	L_{den} in dB(A)	L_{night} in dB(A)
Velocità > 200 km/h					
Scuole		50	-	47,7*	-
Ospedali		50	40	47,7	37
Altri ricettori	250 m	65	55	62,7	52
Velocità ≤ 200 km/h					
Scuole		50	-	47,7*	-
Ospedali		50	40	47,7	37
Altri ricettori	A - 100 m	70	60	67,7	57
Altri ricettori	B - 150 m	65	55	62,7	52

* : per le scuole, che non hanno valore limite notturno, non è stata applicata la formula (1), ma è stato assunto un valore limite di L_{den} corrispondente a quello per la classe I ex D.P.C.M. 14/11/1997 e per gli ospedali ex D.P.R. 18/11/1998 n. 459.

Tabella 9 – Conversione dei valori limite di cui al D.P.R. 30/03/2004, n. 142, allegato 1, tabelle I e II, in termini di L_{den} e L_{night} . Colonne 3 e 4: valori limite vigenti in Italia per le strade. Colonne 5 e 6: corrispondenti valori convertiti in termini di descrittori europei. $K = 3$ dB.

Tipologia di ricettore / strada	Fascia di pertinenza in m	Periodo diurno (06.00-22.00) L_{Aeq} in dB(A)	Periodo notturno (22.00-06.00) L_{Aeq} in dB(A)	L_{den} in dB(A)	L_{night} in dB(A)
Strade di nuova realizzazione					
Scuole		50	-	47,7*	-
Ospedali		50	40	47,7	37
A Autostrade	250 m	65	55	62,7	52
B extraurbane principali	250 m	65	55	62,7	52
C1 extraurbane secondarie	250 m	65	55	62,7	52
C2 extraurbane secondarie	150 m	65	55	62,7	52
D Urbane di scorrimento	100 m	65	55	62,7	52
E Urbane di quartiere	30 m	seguono la classificazione acustica			
F Locali	30 m	seguono la classificazione acustica			
Strade esistenti					
Scuole		50	-	47,7*	-
Ospedali		50	40	47,7	37
A Autostrade	A - 100 m	70	60	67,7	57
	B - 150 m	65	55	62,7	52
B extraurbane principali	A - 100 m	70	60	67,7	57
	B - 150 m	65	55	62,7	52
Ca extraurbane secondarie	A - 100 m	70	60	67,7	57
	B - 150 m	65	55	62,7	52
Cb extraurbane secondarie	A - 100 m	70	60	67,7	57
	B - 50 m	65	55	62,7	52
Da Urbane di scorrimento	100 m	70	60	67,7	57
Db Urbane di scorrimento	100 m	65	55	62,7	52
E Urbane di quartiere	30 m	seguono la classificazione acustica			
F Locali	30 m	seguono la classificazione acustica			

* : per le scuole, che non hanno valore limite notturno, non è stata applicata la formula (1), ma è stato assunto un valore limite di L_{den} corrispondente a quello per la classe I ex D.P.C.M. 14/11/1997 e per gli ospedali ex D.P.R. 18/11/1998 n. 459.

5. APPENDICE B – INDICATORI DI CRITICITA'

5.1 Individuazione di un indicatore di criticità

La reale criticità di un'area non dipende soltanto dai livelli sonori e dall'entità del superamento di valori limite fissati, ma anche dal numero di persone esposte a tali superamenti. Pertanto **l'indicatore di criticità deve tenere conto sia dell'entità dei livelli sonori sia dell'entità della popolazione esposta** (cfr. punto 5.6.1.1).

A livello nazionale, il D.M. 29/11/2000 [8] specifica un criterio adatto per infrastrutture di trasporto lineari, ma poco praticabile per gli agglomerati urbani. Tale criterio è esposto nel punto 5.1.1.

A livello europeo soltanto il Belgio, il Lussemburgo e la Francia hanno elaborato dei criteri per la determinazione delle priorità di intervento. La Gran Bretagna, sebbene ufficialmente non abbia ancora elaborato dei criteri, nel piano d'azione di Londra ha enunciato dei principi di base che prevedono che le priorità debbano essere stabilite non soltanto sulla base dei livelli di rumore e della popolazione esposta, ma anche dell'efficacia delle soluzioni identificate (rapporto costi/benefici). Per quanto concerne il peso da associare ai livelli di rumore stimati, l'approccio proposto consiste nel determinare la percentuale di popolazione esposta ad un determinato livello di disturbo. A questo proposito viene citata la metodologia proposta da Miedema [79] che consiste nel calcolare le priorità di intervento sulla base dei risultati ottenuti moltiplicando la percentuale di popolazione molto disturbata, deducibile dalle curve dose/effetto per un determinato livello di esposizione, per il numero di persone esposte.

Anche altri progetti di respiro europeo (SMILE, Q-City) si basano sulle curve dose-effetto di Miedema [79]. La difficoltà intrinseca nell'applicabilità di questa metodologia consiste nella estrapolazione di curve di risposta dose-effetto di validità generale che possano essere impiegate in contesti diversi da quelli in cui sono state elaborate (differenti condizioni sociali, culturali ed economiche, intervalli temporali di indagine diversificati, ecc.).

Tra tutti questi criteri quello meno arbitrario e più operativo risulta il criterio belga ECU_{den} , esposto nella sua forma aggiornata alla direttiva 2002/49/CE nel punto 5.1.2.

Le presenti linee guida raccomandano l'uso dell'indicatore ECU_{den} per la valutazione delle criticità (vedere anche punto 5.1.2).

5.1.1 Indicatore di priorità (criticità) P del D.M. 29/11/2000

Il D.M. 29/11/2000 [8] specifica, nell'allegato 1, il criterio di **priorità** che qui di seguito viene riportato letteralmente (a parte piccole correzioni degli errori nelle formule e nella grammatica, necessarie per non compromettere la leggibilità). In effetti si tratta di un semplice criterio di valutazione della **criticità**.

Il grado di priorità degli interventi di risanamento all'interno dell'area A da risanare si ottiene:

- 1) dalla suddivisione dell'area A in un insieme di aree A_i tali che:

$$\bigcup_{i=1}^n A_i \quad (3)$$

- 2) dall'individuazione del valore limite di immissione del rumore, L_i^* , per l'area A_i , con i seguenti criteri:
- a) se l'area A_i è collocata all'esterno delle fasce di pertinenza o delle aree di rispetto, il valore limite di immissione $L_{i \text{ zona}}^*$ è quello stabilito dalla zonizzazione (*acustica*);
 - b) se l'area A_i è collocata all'interno di fascia di pertinenza o area di rispetto di una singola infrastruttura, il valore $L_{i \text{ fascia}}^*$ del limite di immissione per quell'infrastruttura è quello previsto dal decreto ad essa relativo; per le altre infrastrutture eventualmente concorrenti che contribuiscono al di fuori della propria fascia di pertinenza o area di rispetto, il valore $L_{i \text{ zona}}^*$ del limite di immissione è quello stabilito dalla zonizzazione;
 - c) se l'area A_i è collocata in una zona di sovrapposizione di due o più fasce di pertinenza o aree di rispetto, $L_{i \text{ fascia}}^*$ è il maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture;
- 3) dall'individuazione del valore numerico (*del numero di persone esposte*) R_i relativo all'area A_i ;
- 4) dalla determinazione, tramite i decreti applicativi della legge 447/95, 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; la variabilità del livello L_i , all'interno di A_i deve essere non superiore a 3 dB(A). Il valore da inserire nella (2) è il valore centrale dell'intervallo.

L'indice di priorità degli interventi di risanamento, P è dato da:

$$P = \sum_{i=1}^n R_i (L_i - L_i^*) \quad (4)$$

$$\text{Per } (L_i - L_i^*) < 0 \Rightarrow (L_i - L_i^*) = 0$$

Ai fini dell'applicazione della (4) da parte di infrastrutture diverse, il valore espresso in L_{VA} deve essere ricondotto a quello corrispondente espresso in L_{Aeq} .

Nel caso di cui al punto 2, lettera b), la somma (4) comprende tutti gli eventuali addendi del tipo:

$$R_i (L_i - L_{i \text{ fascia}}^*) \text{ e } R_i (L_i - L_{i \text{ zona}}^*)$$

secondo la regola:

$$\text{Per } (L_i - L_{i \text{ fascia}}^*) < 0 \Rightarrow (L_i - L_{i \text{ fascia}}^*) = 0 \quad (5a)$$

$$\text{Per } (L_i - L_{i \text{ zona}}^*) < 0 \Rightarrow (L_i - L_{i \text{ zona}}^*) = 0 \quad (5b)$$

Ai fini del calcolo di P , per gli ospedali, le case di cura e di riposo, il numero R_i (totalità dei posti letto), deve essere moltiplicato per il coefficiente 4; per le scuole, il numero R_i (totalità degli alunni), deve essere moltiplicato per 3, per gli altri ricettori R_i è dato dal prodotto della superficie dell'area A_i per l'indice demografico statistico più aggiornato.

A parità di indice di priorità P , viene privilegiato l'intervento che consegue il valore maggiore della somma dei differenziali

$$\sum_{i=1}^n (L_i - L_i^*) \quad (6)$$

Benché il tentativo di stabilire un criterio numerico di priorità sia apprezzabile e possa essere applicato con successo a casi semplici nei quali sono coinvolte poche infrastrutture in aree relativamente omogenee, il criterio sopra esposto non è adatto ad agglomerati urbani complessi.

Per esempio, in base a tale criterio la delimitazione delle aree critiche si attua accorpando in maniera arbitraria le aree elementari A_i in corrispondenza delle quali la variabilità del livello di rumore è contenuta entro 3 dB(A). Tale arbitrarietà incide sull'indice di priorità degli interventi, gravando sul processo decisionale e quindi sui tempi di attuazione delle misure ipotizzate.

In teoria questa problematica potrebbe essere superata apportando delle modifiche alla definizione di area critica ed indicando misure operative attuabili per la loro individuazione e delimitazione. Per esempio, la definizione potrebbe essere affinata specificando che le aree critiche siano costituite dalle sole unità territoriali su cui si interviene in maniera continua attraverso un unico progetto (eventualmente costituito da più misure di mitigazione sonora) e che i loro confini siano definiti dalle dimensioni dell'intervento attuato. L'area critica, intesa come insieme delle singole aree elementari A_i , risulterebbe cioè individuata dall'insieme delle misure di mitigazione acustica che soddisfano la condizione di continuità. L'applicazione di questo criterio consentirebbe di ridurre in maniera consistente la probabilità che le aree critiche siano estese in maniera arbitraria [96], ma d'altra parte mal si presta ad una esecuzione automatizzata in ambiente GIS.

5.1.2 Indicatore di criticità ECU_{den}

In Belgio e Lussemburgo è in uso da diversi anni un indicatore chiamato ECU (*Exposure Comparison Unit*) che ha trovato applicazione anche in altri paesi.

Originariamente l' ECU era stato definito come [94]:

$$ECU = 10 \lg \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i + L_c}{10}} \quad (7)$$

dove:

N è il numero di appartamenti abitati in un'area;

L_i è il valor medio del livello equivalente L_{Aeq} (ore 6-22) dell'area dove è posto l'appartamento, pari a:

- 57,5 dB(A) per l'area "55-60 dB(A)",
- 62,5 dB(A) per l'area "60-65 dB(A)",
- 67,5 dB(A) per l'area "65-70 dB(A)",
- il valore vero L_{Aeq} (ore 6-22) quando esso è maggiore di 70 dB(A);

L_c è il fattore di correzione per ricettori sensibili, pari a:

- +5 dB(A) per le scuole,
- +10 dB(A) per gli ospedali.

Le aree alle quali applicare il calcolo sono quelle per le quali sono state registrate proteste o sono in atto contenziosi.

Nel 2008 la definizione dell'indicatore è stata migliorata ed aggiornata alla direttiva europea 2002/49/CE [94]. Ne è risultato l' ECU_{den} :

$$ECU_{den} = 10 \lg \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i + L_c}{10}} \quad (8)$$

dove:

N è il numero **di appartamenti abitati o di abitanti** (è necessario scegliere tra le due alternative) in un'area;

L_i è il valore esatto del livello L_{den} della facciata più esposta **dell'appartamento i -esimo o dell'appartamento dove vive l'abitante i -esimo** (è necessario scegliere tra le due alternative); in entrambi i casi si considerano **solo i valori di $L_{den} > 55$ dB(A)**;

L_c è il fattore di correzione per ricettori sensibili, pari a:

- +5 dB(A) per le scuole,
- +10 dB(A) per gli ospedali.

Per la delimitazione delle aree, si ricorre ad un approccio sistematico.

Passo 1: dapprima le infrastrutture sono divise in settori lunghi 100 m, procedendo lungo la mezzera, e per ognuno di essi si calcola il valore di $ECU_{den,100m}$ (figura 3). Si noti che i settori dove $L_{den} < 55$ dB(A) hanno $ECU_{den,100m} = 0$.

Passo 2: i settori contigui con valori di $ECU_{den,100m} > 0$ sono accorpati in un unico "sito" e la media logaritmica dei loro $ECU_{den,100m}$ costituisce lo $ECU_{den,site}$ (figura 4).

Passo 3: le aree sono ordinate per valore di $ECU_{den,site}$ decrescente in quattro liste:

- Lista 1: include tutte le entità con $\max L_{den} \geq 70$ dB(A),
- Lista 2: include tutte le entità con $\max L_{den} < 70$ dB(A),
- Lista 3: include tutte le entità con $\max L_{night} \geq 60$ dB(A),
- Lista 4: include tutte le entità con $\max L_{night} < 60$ dB(A).

Ogni lista è ordinata per valore decrescente di ECU_{den} : si considerano primariamente i settori dove $\max L_{den} \geq 70$ dB(A) e/o $\max L_{night} \geq 60$ dB(A) (liste 1 e 3).

L'uso delle liste è facilitato da semplici regole:

- Caso 1: valori elevati di $\max L_{den}$ e/o $\max L_{night}$ e valore elevato di ECU_{den} - sono necessari interventi urgenti;
- Caso 2: valori elevati di $\max L_{den}$ e/o $\max L_{night}$ e valore non elevato di ECU_{den} - sono richiesti interventi sulle facciate;
- Caso 3: valori non elevati di $\max L_{den}$ e/o $\max L_{night}$ e valore elevato di ECU_{den} - casi a bassa priorità;
- Caso 4: valori non elevati di $\max L_{den}$ e/o $\max L_{night}$ e valore non elevato di ECU_{den} - casi senza priorità.

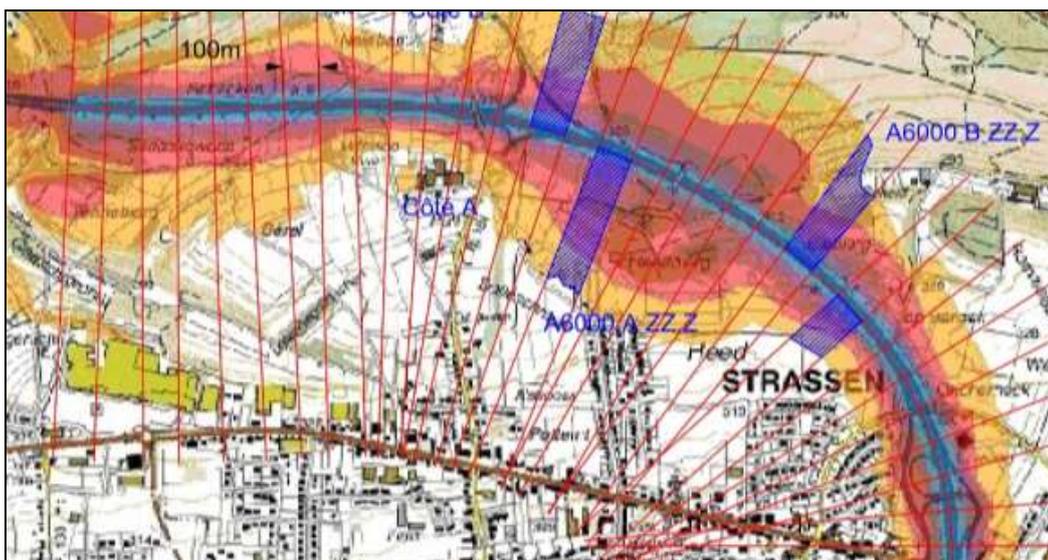


Figura 3 – Suddivisione di una strada principale in settori di lunghezza 100 m e rappresentazione grafica del relativo valore di $ECU_{den,100m}$ (da [94]).

	site	Nombre d'habitants par zone de bruit						Total	UCE _{den}	
		55 - 60	60 - 65	65 - 70	70 - 75	75 - 80	80 - 85			>=85.0
	LXESC A 00.28									
	LXESC A 00.29									
	LXESC A 00.30	16,4						16,4	67,8	
	LXESC A 00.31									
	LXESC A 00.32									
	LXESC A 00.33									
	LXESC A 00.34									
	LXESC A 00.39									
	LXESC A 00.40									
	LXESC A 00.41									
	LXESC A 00.42									
	LXESC A 00.43									
	LXESC A 00.44									
	LXESC A 00.45									
Site 3 Fentange Nord Est	LXESC A 00.46	17,9						17,9	70,8	
	LXESC A 00.47	9,7						9,7	67,5	
	LXESC A 00.48	12,7						12,7	67,4	
	LXESC A 00.49									
	LXESC A 00.50									
	LXESC A 00.51									
Site 4 Fentange Sudest	LXESC A 00.52	2,2						2,2	59,6	
	LXESC A 00.53	19,7						19,7	70,0	
	LXESC A 00.54	20,9	12,2	4,6				37,7	78,2	
	LXESC A 00.55									
	LXESC A 00.56									
	LXESC A 00.57									
	LXESC A 00.58									
	LXESC A 00.59									
	LXESC A 00.60									
	LXESC A 00.61									
	LXESC A 00.66									
	LXESC A 00.67									
	LXESC A 00.68									
	LXESC A 00.69									
	LXESC A 00.70									
	LXESC A 00.71									
	LXESC A 00.72									
Site 6 Berchem Bivange Est	LXESC A 00.73		10,4	18,4	2,9			31,7	82,4	
	LXESC A 00.74	4,6	5,0	2,3				11,9	74,3	
	LXESC A 00.75	2,8			7,2			10,1	80,1	
	LXESC A 00.76	35,7	0,6	5,6	8,0			49,9	82,3	
	LXESC A 00.77	7,1	28,4	0,2	14,5			50,2	86,5	
	LXESC A 00.78	21,8	11,4					33,3	75,1	
	LXESC A 00.79			18,3				18,3	78,7	
	LXESC A 00.80	4,9		9,8	23,7			38,4	86,5	
	LXESC A 00.81	4,9	13,2		3,3			21,4	78,4	
	LXESC A 00.82	21,2	13,3		9,3			43,9	83,5	
	LXESC A 00.83	15,1	6,1	2,3	3,2	3,5		30,2	83,2	
	LXESC A 00.84	7,5	6,2					13,6	71,3	
	LXESC A 00.85				10,4			10,4	81,0	
	LXESC A 00.86				1,5			1,5	75,9	
		LXESC A 00.87								
		LXESC A 00.88								

Figura 4 – Raggruppamento dei settori di lunghezza 100 m in “siti” per una linea ferroviaria (da [94]).

Per valori elevati di max L_{den} si intendono i valori maggiori di 65 dB; per valori elevati di max L_{night} si intendono i valori maggiori di 55 dB; sempre considerando che si opera in scala logaritmica per cui un aumento di 3 dB corrisponde ad un raddoppio dell’energia sonora.

Secondo la classificazione riportata in 1.8.3, l’ ECU_{den} è un indicatore di criticità quantitativo con la duplice valenza di criterio di gravità (in quanto tiene conto dell’energia sonora al ricettore) e criterio di efficacia (in quanto tiene conto del numero di residenti esposti a dati livelli sonori).

L’utilizzo di questo indicatore di criticità è stato recepito dalla Commissione Europea nella *Good practice guide on noise exposure and potential health effects* [32], dove è stato rinominato $L_{den, population}$. Tuttavia in tale guida non è specificato il metodo di scelta delle unità territoriali elementari (i settori di 100 m di lunghezza). A questo proposito, si noti che il metodo proposto in [94] richiede modifiche ad hoc dei software disponibili sul mercato per eseguire la

segmentazione seguendo il profilo dell'infrastruttura. E' più semplice eseguire il calcolo per ogni singolo edificio e quindi accorpate gli edifici per aree regolari, per esempio quadrati di 100 x 100 m. Per gli agglomerati, poi, può essere più significativo aggregare i valori di ECU_{den} per aree o ambiti urbani significativi nella gestione dell'agglomerato urbano.

La scala di gravità dei valori dei livelli sonori da considerare "elevati" o meno è basata sull'esperienza e sulla correlazione con le reazioni della popolazione esposta in termini statistici. Per gli indicatori compositi che tengono conto anche dell'entità della popolazione esposta, come l'indice P o l' ECU_{den} , essendo l'uso di questi indicatori relativamente recente, non esiste ancora una scala di gravità universalmente accettata che possa consentire di distinguere con sicurezza valori "elevati" da valori "non elevati". D'altra parte la END e il D. Lgs. 194/05 richiedono senza ambiguità che **l'impatto del rumore sia valutato primariamente in termini di popolazione esposta**. Pertanto nell'elaborazione dei piani d'azione non si può prescindere da indicatori di questo tipo. Si consigliano i tecnici responsabili di riportare la scala di valori ottenuti con la situazione reale in casi noti e di formare una scala di valori di ECU_{den} , o di qualsiasi altro indicatore composito adottato, sulla realtà dei casi specifici in esame. Tale scala andrà naturalmente esplicitata. A titolo d'esempio, la tabella 10 riporta una prima indicazione di possibili intervalli di valori di ECU_{den} in funzione della criticità della situazione, ricavata da un'analisi statistica delle situazioni riscontrate nel corso del primo ciclo di elaborazione dati dell'agglomerato di Bologna.

Tabella 10 – Possibili intervalli di valori di ECU_{den} in funzione della criticità della situazione.

ECU_{den} in dB	Criticità
≤ 60	Accettabile
60-70	Criticità moderata
70-80	Criticità seria
≥ 80	Criticità molto seria

Le presenti linea guida raccomandano l'uso dell'indicatore ECU_{den} come sopra definito – formula (8) – nella valutazione delle criticità, con le seguenti specificazioni.

Per le infrastrutture stradali di competenza provinciale:

- N è il numero di abitanti di ogni edificio,
- L_i è il valore esatto del livello L_{den} della facciata più esposta dell'edificio dove vive l'abitante i -esimo; si considerano solo i valori di $L_{den} > 55$ dB(A);
- La somma (8) deve essere calcolata per ogni singolo edificio;
- I valori di ECU_{den} calcolati per i singoli edifici devono essere aggregati per aree di forma quadrata e di lato pari a 100 m, risultanti dalla sovrapposizione di una griglia ideale alla porzione di territorio considerata (figura 5).

Per gli agglomerati urbani:

- N è il numero di abitanti di ogni edificio,
- L_i è il valore esatto del livello L_{den} della facciata più esposta dell'edificio dove vive l'abitante i -esimo; si considerano solo i valori di $L_{den} > 55$ dB(A);
- La somma (8) deve essere calcolata per ogni singolo edificio;
- I valori di ECU_{den} calcolati per i singoli edifici possono essere aggregati per aree o ambiti ritenuti significativi nel contesto dello specifico agglomerato.



Figura 5 – Aggregazione dell'indicatore globale di criticità ECU_{den} dei singoli edifici su una griglia a maglia quadrata 100 x 100 m in prossimità di una strada provinciale.

6. APPENDICE C – INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITA’

6.1 *Metodi per l’individuazione delle criticità*

6.1.1 *Generalità*

L’attività di individuazione delle criticità è finalizzata ad evidenziare i luoghi che richiedono un intervento di diminuzione dei livelli di inquinamento acustico. Essa è effettuata, a partire dai risultati ottenuti nell’ambito della mappatura acustica e della mappa acustica strategica, in relazione ai ricettori e alle sorgenti di rumore.

Si noti che, nella logica della direttiva 2002/49/CE [20], le fasi di stima dei livelli sonori ai ricettori e di individuazione del superamento dei valori limite sono già realizzate nell’ambito della mappatura acustica, quindi non sono propriamente fasi costitutive della realizzazione del piano d’azione. Tuttavia, le informazioni richieste dalla direttiva per la fase di mappatura acustica non consentono di rispondere a tutte le esigenze conoscitive e di rielaborazione dei dati che sono necessarie per poter svolgere la ricognizione delle criticità qui descritta. Pertanto è possibile che il lavoro di mappatura già svolto debba essere ulteriormente sviluppato (per esempio generando sistematicamente mappe di conflitto e mappe di priorità), all’interno del piano d’azione stesso, se la mappatura acustica non è stata specificamente concepita per fornire tutti i dati utili al piano d’azione.

I **ricettori** da indagare possono essere costituiti da:

- edifici abitativi;
- edifici sensibili (scuole, ospedali, case di cura o riposo, ecc.);
- luoghi ed edifici per attività ricreative, culturali e religiose;
- aree protette;
- parchi pubblici.

I ricettori caratterizzati dal superamento di un valore limite vengono raggruppati in **aree critiche**. Le aree critiche rappresentano porzioni di territorio che possono essere trattate con il medesimo intervento.

Le sorgenti possono essere costituite da:

- infrastrutture di trasporto (strade, ferrovie, aeroporti);
- insediamenti industriali (compresi i porti).

Le sorgenti che determinano il superamento di un valore limite presso uno o più ricettori vengono definite **sorgenti critiche**. Le sorgenti critiche rappresentano porzioni di infrastrutture (o di aree produttive) rispetto alle quali è necessario predisporre un intervento di risanamento.

Le aree e le sorgenti critiche sono correlate tra loro, sebbene non sempre esista un rapporto di corrispondenza biunivoca: ad un'area critica possono corrispondere più sorgenti critiche e viceversa.

La reale criticità di un'area non dipende soltanto dai livelli sonori e dall'entità del superamento di fissati valori limite, ma anche dal numero di persone esposte a tali superamenti. Pertanto **l'indicatore di criticità deve tenere conto sia dell'entità dei livelli sonori sia dell'entità della popolazione esposta** (cfr. punto 5.1).

L'individuazione, la caratterizzazione e la rappresentazione delle criticità può avvenire attraverso criteri differenti nel caso delle infrastrutture di trasporto principali e degli agglomerati urbani.

6.1.2 Infrastrutture di trasporto principali

6.1.2.1 Generalità

La ricognizione delle criticità lungo un'infrastruttura di trasporto principale si svolge attraverso le seguenti fasi:

- 1) determinazione dei livelli di rumore ai ricettori nell'area oggetto di studio;
- 2) individuazione dei conflitti esistenti (superamento dei valori limite);
- 3) individuazione e caratterizzazione delle criticità.

6.1.2.2 Determinazione dei livelli di rumore ai ricettori nell'area oggetto di studio

I livelli che concorrono alla definizione delle aree critiche nelle zone edificate si riferiscono ai valori valutati nei punti di maggiore criticità, in corrispondenza delle **facciate più esposte** degli edifici. La facciata più esposta di un edificio è la facciata in cui è stato rilevato o calcolato il massimo livello di rumore.

A tale scopo, secondo il D. Lgs. 194/05, Allegato I, comma 1.2, occorre valutare i livelli di rumore in termini di L_{den} e L_{night} alla quota di riferimento a 4 m ($\pm 0,2$ m); ai fini della predisposizione di un piano d'azione progettuale può essere opportuno in casi critici, anche se non è obbligatorio ai sensi del D. Lgs. 194/05, valutarli anche in corrispondenza dei diversi piani dell'edificio o almeno al piano più esposto; la risoluzione spaziale orizzontale lungo le facciate deve essere sufficiente a garantire la caratterizzazione di eventuali variazioni significative della componente sonora incidente. Si tratta di valutazioni essenzialmente tecniche che superano il rispetto formale del testo del decreto e che vanno esplicitamente motivate.

All'intero edificio è assegnato il livello massimo individuato sulla facciata più esposta.

Nelle aree non edificate, possono essere scelti altri punti di misura, ma la loro altezza dal suolo non deve mai essere inferiore a 1,5 m (D. Lgs. 194/05, Allegato I, comma 1.2). In tal caso

è necessario procedere alla valutazione dei livelli sonori in una griglia di punti distribuita in tutta l'area e con passo sufficiente alla caratterizzazione della variazione del rumore nell'area stessa.

Per quanto riguarda i valori limite, si veda il capitolo 4.

6.1.2.3 Individuazione dei conflitti esistenti (superamento dei limiti)

I valori di livello sonoro assegnati ai singoli edifici, o alle aree non edificate, sono confrontati con i valori limite di rumore stabiliti dalla legislazione vigente. Il superamento dei valori limite individua un conflitto. A ogni edificio, o area non edificata, si fa corrispondere il maggiore tra i valori di conflitto individuati. La rappresentazione dei superamenti dei valori limite può avvenire attraverso una specifica mappa di conflitto.

6.1.2.4 Individuazione e caratterizzazione delle criticità

I criteri per la delimitazione delle aree e delle sorgenti critiche non sono univoci e possono dipendere dal particolare contesto in cui si opera.

Ogni area critica viene caratterizzata attraverso una serie di informazioni e dati, secondo lo schema proposto nella tabella 11. Tali dati possono essere contenuti in database relativi a specifiche coperture vettoriali in ambiente GIS.

Non esiste una procedura standard obbligatoria per l'individuazione delle aree critiche. La UNI/TR 11327 [40] propone un approccio geometrico semplificato per individuare le aree critiche intorno alle infrastrutture lineari, che adotta la rappresentazione di sorgente rettilinea e condizioni di propagazione in campo libero. La porzione di infrastruttura che incide in misura rilevante sul ricevitore può essere ricavata geometricamente dall'intersezione fra la linea sorgente e una circonferenza di centro il punto ricevitore e raggio opportuno (per esempio $3d$, dove d è la distanza ortogonale dal punto ricevitore alla sorgente lineare, se si accetta di trascurare il contributo di circa 1dB apportato dalle "code" della sorgente). Si costruiscono tali intorni su ciascun edificio soggetto a superamento. I segmenti di sorgente così intercettati possono essere uniti a formare un unico tratto di sorgente critica, una volta stabilito un criterio sulla distanza massima ammessa fra tali segmenti. A tale tratto di infrastruttura è associato un raggruppamento di ricevitori che costituiscono un'area critica.

Tabella 11 – Parametri e informazioni per la caratterizzazione delle aree critiche.

Tipologia parametri e informazioni	Contenuti
Descrizione dell'area	Codice identificativo, localizzazione, destinazione d'uso prevalente.
Descrizione della sorgente	Identificazione della sorgente che determina la criticità (per esempio: nome infrastruttura), classificazione, ampiezza delle eventuali fasce di rispetto.
Descrizione emissione sorgenti	Livello sonoro a distanza di riferimento o potenza sonora (per unità di lunghezza nelle sorgenti lineari)
Descrizione ricettori	Numero edifici abitativi e popolazione residente Numero edifici scolastici e numero alunni Numero edifici per servizi sanitari e numero posti letto Numero luoghi ed edifici per attività ricreative, religiose o culturali Estensione aree protette e parchi pubblici
Livelli sonori	L_{den} e L_{night} (eventualmente L_{diurno} e $L_{notturno}$) ai ricettori: - Valori massimi sui ricettori più esposti - Valori medi su tutti i ricettori
Esposizione della popolazione	Numero persone esposte a L_{den} (L_{diurno}) > valori limite Numero persone esposte a L_{night} ($L_{notturno}$) > valori limite
Criticità e/o priorità	Valori indicatori di criticità
Azioni di risanamento attuate	Descrizione interventi già realizzati
Azioni di risanamento previste	Interventi in programma, diretti o derivanti da altre azioni di pianificazione, gestione e governo del territorio

La rappresentazione cartografica deve almeno contenere i seguenti elementi:

- cartografia di base dell'edificato (ortofotocarte, immagini da satellite, ecc.);
- individuazione delle aree critiche.

Per ogni area devono essere evidenziati:

- il codice identificativo;
- gli edifici caratterizzati dal superamento dei valori limite;
- il tratto di sorgente critica corrispondente.

6.1.3 Agglomerati urbani

6.1.3.1 Generalità

Analogamente alle infrastrutture di trasporto principali, la ricognizione delle criticità in un agglomerato urbano viene realizzata secondo il seguente schema procedurale:

- 1) determinazione dei livelli di rumore ai ricettori nell'area oggetto di studio;
- 2) individuazione dei conflitti esistenti (superamento dei limiti);
- 3) individuazione e caratterizzazione delle criticità.

6.1.3.2 Determinazione dei livelli di rumore ai ricettori nell'area oggetto di studio

La determinazione dei livelli di rumore ai ricettori viene effettuata **dapprima separatamente per le singole tipologie di sorgenti** (strade, ferrovie, aeroporti, insediamenti industriali), così come descritto nel punto 6.1.2.2. Per infrastrutture della medesima tipologia la caratterizzazione dei livelli sonori viene effettuata separatamente per i differenti gestori o responsabili delle infrastrutture stesse (autostrade, strade statali, strade provinciali, strade comunali, ecc.).

Successivamente viene determinato il livello sonoro prodotto dall'insieme delle sorgenti. A tal fine si possono trascurare gli effetti di sorgenti sonore il cui livello è minore di almeno 10 dB(A) rispetto alle altre sorgenti concorrenti. Agli edifici viene assegnato il livello massimo sulla facciata più esposta al rumore complessivo.

6.1.3.3 Individuazione dei conflitti esistenti (superamento dei limiti)

L'individuazione dei conflitti esistenti viene effettuata separatamente per le singole tipologie di sorgenti (strade, ferrovie, aeroporti, insediamenti industriali), così come descritto nel punto 6.1.2.3.

Secondo la medesima procedura, successivamente, si individuano i conflitti determinati dall'insieme delle sorgenti. Per gli edifici caratterizzati dall'impatto di due o più sorgenti vengono considerati i valori limite più elevati tra quelli relativi alle sorgenti stesse.

La rappresentazione dei superamenti dei valori limite può avvenire attraverso specifiche mappe di conflitto.

6.1.3.4 Individuazione e caratterizzazione delle criticità

La ricognizione delle criticità nell'ambito di un agglomerato urbano viene effettuata, dapprima, **separatamente** per le infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e per le aree industriali. Successivamente vengono individuate e caratterizzate le aree in cui si verifica la presenza **contemporanea** di criticità connesse a più sorgenti.

6.1.3.4.1 Infrastrutture stradali

Le infrastrutture stradali ricomprese in un agglomerato urbano possono essere suddivise in principali e secondarie, in relazione alle definizioni fornite dalla legislazione vigente [8], [9].

Relativamente alle **strade principali** l'individuazione e la caratterizzazione delle criticità avviene secondo i criteri definiti nel punto 6.1.2.4 e consente di individuare le aree critiche stradali principali.

Per le **strade secondarie** l'applicazione di tale procedura può risultare complessa e di difficile attuazione. In alternativa è possibile raggruppare l'insieme delle infrastrutture stradali secondarie in **aree ambientali**, costituite da porzioni di territorio delimitate dalla rete delle infrastrutture di trasporto principali (strade, ferrovie) e delle principali discontinuità naturali (fiumi, orografia, ecc.). Un'area ambientale caratterizzata dalla presenza di infrastrutture stradali secondarie che determinano il superamento dei valori limite ai ricettori definisce un'area critica stradale secondaria.

Ogni area critica, principale o secondaria, viene caratterizzata attraverso una serie di informazioni e dati, in analogia a quanto previsto nel punto 6.1.2.4. Tali dati possono essere contenuti in database relativi a specifiche coperture vettoriali in ambiente GIS.

6.1.3.4.2 Infrastrutture ferroviarie

La caratterizzazione delle criticità avviene in modo analogo a quanto proposto per le infrastrutture principali così come riportato nel punto 6.1.2.4.

6.1.3.4.3 Infrastrutture aeroportuali

La caratterizzazione delle criticità avviene in modo analogo a quanto proposto per le infrastrutture principali così come riportato nel punto 6.1.2.4.

6.1.3.4.4 Siti da attività industriale

Per i siti industriali le sorgenti critiche sono costituite da uno o più insediamenti produttivi, localizzati nella medesima area industriale, che determinano il superamento di un valore limite nei confronti dei ricettori limitrofi.

L'insieme dei ricettori caratterizzati dall'impatto acustico di una sorgente critica costituisce un'area critica.

Ogni area critica viene caratterizzata attraverso una serie di informazioni e dati, secondo lo schema proposto nel punto 6.1.2.4. Tali dati possono essere contenuti in database relativi a specifiche coperture vettoriali in ambiente GIS.

6.1.3.4.5 Insieme delle sorgenti

La ricognizione delle criticità determinate dall'insieme delle sorgenti avviene attraverso l'individuazione delle **aree a criticità multipla**. Si è in presenza di un'area a criticità multipla nel caso si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni:

- sovrapposizione di aree critiche determinate da due o più sorgenti differenti (tipologia di infrastruttura differente o medesima tipologia ma con differenti gestori);

- presenza di ricettori caratterizzati dalla sovrapposizione degli effetti acustici di due o più sorgenti (punto 6.1.3.2) e con superamento dei valori limite (punto 6.1.3.3).

Ogni area critica multipla viene caratterizzata attraverso una serie di informazioni e dati, secondo lo schema proposto nella tabella 12. Tali dati possono essere contenuti in database relativi a specifiche coperture vettoriali in ambiente GIS.

Tabella 12 – Parametri e informazioni per la caratterizzazione delle aree a criticità multipla.

Tipologia parametri e informazioni	Contenuti
Descrizione dell'area	Codice identificativo, localizzazione, destinazione d'uso prevalente.
Descrizione delle sorgenti	Identificazione delle sorgenti che determinano la criticità (per esempio: nome infrastruttura, identificativo sorgente).
Descrizione emissione sorgenti	Livello sonoro a distanza di riferimento o potenza sonora (per unità di lunghezza nelle sorgenti lineari)
Descrizione ricettori a criticità multipla	Numero edifici abitativi e popolazione residente Numero edifici scolastici e numero alunni Numero edifici per servizi sanitari e numero posti letto Numero luoghi ed edifici per attività ricreative, religiose o culturali Estensione aree protette e parchi pubblici
Livelli sonori in corrispondenza dei ricettori a criticità multipla	Per ogni sorgente concorsuale e complessivamente, L_{den} e L_{night} (eventualmente L_{diurno} e $L_{notturno}$) ai ricettori: - Valori massimi sui ricettori più esposti - Valori medi su tutti i ricettori
Esposizione della popolazione nei ricettori a criticità multipla	Per ogni sorgente concorsuale e complessivamente: Numero persone esposte a L_{den} (L_{diurno}) > valori limite Numero persone esposte a L_{night} ($L_{notturno}$) > valori limite
Criticità e/o priorità	Valori indicatori di criticità
Azioni di risanamento attuate	Descrizione interventi già realizzati
Azioni di risanamento previste	Interventi in programma, diretti o derivanti da altre azioni di pianificazione, gestione e governo del territorio

7. APPENDICE D – SOLUZIONI PRATICABILI

7.1 *Generalità*

La procedura di elaborazione del piano d'azione richiede, dopo l'individuazione delle aree critiche, che per ciascuna di esse si prospettino delle possibili soluzioni. Questa fase deve consentire una valutazione della completezza delle soluzioni prese in esame nelle fasi successive di elaborazione del piano. Pertanto dovrebbero essere dichiarati, per quanto possibile con i dati a disposizione, gli abbattimenti di livello sonoro attesi, i tempi di realizzazione prevedibili, i costi stimati.

Una distinzione utile ai fini della completezza di questa ricognizione è quella tra azioni "dirette" e "indirette".

Le **azioni dirette** sono costituite da interventi sulla produzione e propagazione fisica delle onde sonore, la realizzazione dei quali produce la riduzione dell'inquinamento acustico. Si tratta in genere di interventi tecnici concreti che posseggono un marcato contenuto pratico, caratterizzato da elevata predicibilità degli effetti, semplice attribuzione degli oneri e delle responsabilità. Gli interventi diretti rappresentano spesso l'ossatura di un piano d'azione progettuale.

Le **azioni indirette** sono invece quelle che incidono su comportamenti e situazioni di sorgente e ricettori agendo sui fattori determinanti l'inquinamento e sui fattori di pressione. L'intervento indiretto non ottiene di per sé la riduzione dell'inquinamento acustico, ma promuove azioni di altri soggetti che, se realizzate, producono l'effetto atteso. Negli interventi indiretti spesso si tratta di combinare diverse azioni consistenti nell'attuazione di politiche finalizzate a modificare situazioni, fatti o comportamenti generali di molti individui o soggetti economici. Gli interventi indiretti sono quindi, per loro natura, quasi sempre prerogativa dell'autorità, o almeno richiedono l'intervento e la mediazione di un organismo pubblico. Gli interventi indiretti sono caratterizzati in genere da una minore predicibilità ed immediatezza degli effetti, in quanto scontano l'incertezza dei comportamenti dei soggetti mediatori dell'azione di piano, ma non necessariamente da minore efficacia. Questo insieme di elementi caratterizza il contenuto tipico di un piano d'azione strategico. Nei piani strategici, anche la realizzazione di opere ed interventi concreti può essere indicata come il risultato atteso di politiche o del piano stesso, ma da attuarsi mediante atti successivi solo indirettamente previsti ma non ancora concretamente pianificati, e quindi da considerarsi come intervento "indiretto". Questi elementi di maggiore incertezza degli effetti attesi degli interventi indiretti rispetto agli interventi diretti non devono comunque portare alla loro esclusione dalla ricognizione delle soluzioni praticabili, anche nel caso di piani progettuali.

7.2 *Criteri per l'individuazione delle soluzioni praticabili*

Per ogni tipo di sorgente esistono numerose tipologie d'intervento per la riduzione delle emissioni. Gli interventi possono essere alternativi, integrati o parzialmente sovrapponibili. Il repertorio, l'efficacia ed i costi delle soluzioni disponibili sono in continua evoluzione e non possono essere definiti una volta per tutte: la valutazione delle soluzioni praticabili dovrebbe essere operata aggiornandola al momento in cui il piano viene elaborato.

Ogni soluzione presenta punti di forza e controindicazioni, così da risultare più o meno adatta in relazione alle circostanze che caratterizzano ciascuna area critica e all'orizzonte temporale del piano. La valutazione del rapporto costi-benefici e dell'opportunità d'inserire diverse soluzioni nel piano dovrebbe essere fatta caso per caso, tenendo conto delle tipologie di criticità che si devono trattare. Per maggior chiarezza è bene tenere separate la fase di individuazione delle opzioni praticabili per una certa area critica dalla successiva fase di selezione delle soluzioni da inserire nel piano. Mentre l'individuazione elenca tutte le opzioni, la scelta delle soluzioni più idonee dovrebbe avvenire attraverso esplicita valutazione di costi, benefici e opportunità.

In particolare l'individuazione delle soluzioni praticabili dovrebbe esaminare gli interventi possibili e proporre una prima selezione sulla base dei seguenti criteri:

- **ambito di efficacia:** gran parte delle soluzioni esprimono la loro efficacia limitatamente ad alcuni ambiti che possono essere compatibili o incompatibili con le problematiche che il piano deve affrontare. Per esempio alcune tipologie di soluzione sono efficaci per ricettori fino ad una certa altezza, oppure ad una certa distanza dalla sorgente. Altre sono limitate ad alcuni ambiti di funzionamento della sorgente: per elevate velocità di transito, in presenza di rilevante traffico di veicoli pesanti, ecc.. Per le diverse soluzioni prese in esame la ricognizione dovrebbe verificare gli ambiti di efficacia in maniera il più possibile quantitativa;
- **durata della soluzione:** in ragione delle condizioni di impiego o delle caratteristiche dei luoghi, le diverse soluzioni possibili presentano una durata limitata nel tempo del manufatto o della sua efficacia acustica: alcune soluzioni possono essere ritenute non praticabili perché di durata troppo breve nel contesto in cui devono essere impiegate;
- **tempi di realizzazione:** le diverse soluzioni si caratterizzano per tempi di realizzazione (comprensivi anche dell'iter per conseguire le necessarie autorizzazioni) assai diverse tra loro. Soluzioni possibili, magari anche di grande efficacia, potrebbero avere tempi di realizzazione incompatibili con l'orizzonte temporale del piano di risanamento che si sta progettando e pertanto essere scartate da quelle praticabili;
- **vincoli ed effetti indiretti:** La valutazione dei "costi" dell'opera può essere fatta in dettaglio successivamente a questa fase, tuttavia alcune soluzioni hanno delle manifeste incompatibilità con l'ambiente da trattare (per esempio di tipo paesaggistico, o socio-economico) che consentono, già in questa fase, di escluderle da quelle praticabili, dichiarando le motivazioni;

- **potestà del proponente il piano:** alcune tipologie di intervento possono essere adottate solo da soggetti diversi da quelli titolari del piano: per esempio la limitazione alla immissione nel mercato dei veicoli sulla base del loro livello di emissioni sonore può essere adottata solo a livello di Unione Europea, pertanto tale tipo di provvedimento non può entrare a far parte del piano d'azione di un soggetto che non ha questa potestà giuridica.

La ricognizione delle soluzioni praticabili dovrebbe analizzare quattro diversi ambiti:

- a) interventi diretti sulla sorgente;
- b) interventi sulla propagazione del rumore;
- c) interventi di difesa dei ricettori;
- d) interventi sulla distanza reciproca sorgente-ricettore.

Si segnala, in proposito, l'importanza delle soluzioni che prevedono interventi alla sorgente, che dovrebbero sempre essere prese in considerazione. Qui di seguito sono riportate, secondo l'articolazione sopra indicata, le principali tipologie di interventi che dovrebbero essere prese in esame nell'individuazione di quelle praticabili.

7.2.1 Interventi diretti sulla sorgente

7.2.1.1 Infrastrutture stradali

La rumorosità dei veicoli è generalmente suddivisa in due componenti: rotolamento e propulsione. La prima è determinata dall'interazione dei pneumatici con la pavimentazione stradale, mentre la seconda dal motore e dagli organi di trasmissione. La dipendenza dalla velocità del veicolo e dal tipo di marcia di queste due componenti è abbastanza diversa, così come sono diverse l'altezza della sorgente sulla pavimentazione stradale [80], [68] e gli interventi efficaci sull'una e sull'altra componente.

In particolare gli interventi di mitigazione del rumore da traffico veicolare si fondano sostanzialmente sulle seguenti caratteristiche dell'emissione sonora [40], [77]:

- il rumore di rotolamento è prevalente su quello di propulsione a partire da 40 km/h nel caso delle autovetture, mentre per i mezzi pesanti non supera mai il 40% del rumore totale anche a velocità di marcia costante;
- i mezzi pesanti sono caratterizzati da una rumorosità più elevata di quelle delle autovetture, anche se questa differenza si riduce leggermente al crescere della velocità di marcia; la differenza varia da un massimo di 11 dB a 13 dB a bassa velocità, per ridursi da 6 dB a 9 dB a 100 km/h;
- il moto accelerato è più rumoroso di quello a velocità costante o decelerato;
- la rumorosità di ciascun transito si somma energeticamente a quella degli altri transiti nel produrre la rumorosità complessiva dell'infrastruttura viaria.

Pertanto gli interventi possibili si possono riassumere nelle tipologie seguenti:

- **selezione di veicoli meno rumorosi:** rientrano in questa categoria di provvedimenti quelli tesi a rimpiazzare veicoli più vecchi con veicoli di più recente costruzione; ridurre la percentuale di veicoli pesanti; sostituire veicoli con propulsione rumorosa con veicoli con propulsione più silenziosa (per esempio filobus al posto di autobus). Una tipologia di veicoli notevolmente disturbanti è quella dei camion adibiti alla raccolta rifiuti, anche perché lavorano soprattutto in periodo notturno o di prima mattina. La sostituzione dei veicoli convenzionali con altri appositamente studiati riduce notevolmente il disturbo. Per esempio nel parco mezzi per la raccolta rifiuti a Gothenborg (SE), sono stati sostituiti i camion convenzionali con altri basati su di una tecnologia ibrida a gas naturale e batterie elettriche. I veicoli si muovono con un motore a gas; quando stazionano per la raccolta, il motore si ferma automaticamente dopo 30 secondi ed entrano in funzione le batterie. Sono stati ottenuti abbattimenti sonori fino a 25 dB(A). I veicoli costano da 22 000 € a 32 000 € in più rispetto ai veicoli convenzionali e richiedono almeno un cambio delle batterie durante la vita utile stimata di 10 anni, il che comporta un costo aggiuntivo di 8 000 €. Anche controlli frequenti della rumorosità dei veicoli, specialmente i motocicli, effettuati sulla strada da personale competente, sono un incentivo all'uso di veicoli meno rumorosi o almeno al contenimento della pratica illegale della sostituzione della marmitta.
- **Riduzione del numero totale dei transiti:** provvedimenti di questo genere, tenuto conto della dipendenza logaritmica del livello sonoro dal numero dei transiti, sono efficaci solo se capaci di ottenere una riduzione del traffico significativa. Rientrano in questa categoria di provvedimenti sia quelli indiretti, volte a ridurre la mobilità complessiva o a spostarla sul mezzo pubblico, sia quelli diretti operati mediante limitazioni d'accesso o pedonalizzazioni [77], [78]. Un provvedimento che contribuisce a ridurre il numero dei transiti durante il giorno e, soprattutto, ad evitare una causa di congestione del traffico urbano è il differimento della consegna delle merci ai negozi in orario notturno; tale provvedimento è stato adottato da città come Vicenza o Barcellona e va completato con l'uso di veicoli e di dispositivi di carico/scarico merci a bassa rumorosità e una adeguata formazione degli operatori.
- **Interventi sulla velocità di transito:** a partire dai 40 km/h la rumorosità dell'infrastruttura dipende in maniera crescente dalla velocità media dei transiti, con un incremento di circa 1,2 dB per ogni 10 km/h di incremento della velocità nel caso delle autovetture e circa 1 dB per ogni 10 km/h di incremento della velocità nel caso dei veicoli pesanti. La riduzione dell'intensità e della durata delle accelerazioni produce anch'essa una riduzione delle emissioni sonore. Conseguentemente, soprattutto in area urbana, interventi di riduzione della velocità massima producono una riduzione dell'emissione sonora per un duplice meccanismo: la riduzione della velocità media del transito e la riduzione o l'eliminazione dei tratti accelerati. Rientrano in questo tipo di provvedimenti,

con diversi livelli di efficacia, l'apposizione di divieti, l'effettuazione di controlli, l'utilizzo di rallentatori, la sagomatura non rettilinea della rete viaria, l'introduzione di rotonde al posto dei semafori [78].

- **Pavimentazioni stradali a bassa rumorosità:** Alle medie ed alte velocità il rumore di rotolamento è la fonte prevalente di emissioni sonore del traffico veicolare. Per questa ragione da diversi anni si stanno studiando pavimentazioni stradali in grado di ridurre queste emissioni. Alcune tipologie di pavimentazioni a bassa rumorosità hanno caratteristiche di fonoassorbimento e pertanto producono un contenimento anche delle emissioni e della propagazione del rumore prodotto dalla propulsione. Anche se sono stati prodotti repertori molto ampi delle soluzioni disponibili e delle verifiche effettuate sulla loro efficacia [80], le soluzioni tecnologiche sono ancora in una fase di consistente evoluzione. Attualmente interventi basati sulla sostituzione di pavimentazioni possono produrre riduzione della rumorosità dell'ordine di 2-4 dB, a bassa velocità e dell'ordine di 3-6 dB sulla viabilità di scorrimento veloce. La scelta di questo tipo di soluzioni è fortemente condizionata anche da considerazioni relative alla durata dell'efficacia acustica (che in alcuni contesti e per alcune tipologie di soluzione è assai ridotta rispetto alla vita media della pavimentazione stradale) e dai vincoli imposti dalla conservazione di un buon livello di sicurezza di marcia.

7.2.1.2 *Infrastrutture ferroviarie*

Il rumore di un transito ferroviario è suddivisibile in tre componenti:

- il rumore di rotolamento, dovuto all'interazione meccanica ruota-rotaia;
- il rumore degli organi di propulsione e di servizio;
- quello aerodinamico.

La ripartizione tra le diverse componenti varia in funzione della velocità, del numero di carrozze, della qualità del supporto. Tuttavia deve essere fatta una distinzione fra treni elettrici e treni a propulsione diesel; per quest'ultimi il rumore degli organi di propulsione è più elevato e tende a prevalere su quello del materiale rotabile.

Nei treni elettrici il rotolamento delle ruote sulle rotaie è la principale fonte di rumore e in molte situazioni anche dei treni diesel ad alta velocità. Il rumore da rotolamento prevale per velocità comprese tra 60 km/h e 300 km/h, mentre per velocità inferiori a 60 km/h o superiori a 300 km/h, il rumore deriva rispettivamente dalla motrice o da componenti aerodinamiche.

Il livello del rumore da rotolamento dipende dalla velocità, ma soprattutto dalle condizioni della superficie della ruota e del piano di rotolamento della rotaia. Nel caso delle ferrovie si pone generalmente il problema della ripartizione delle responsabilità dell'inquinamento acustico (e del conseguente risanamento) tra il titolare della infrastruttura ferroviaria e quelli dei servizi di trasporto. Al di là degli aspetti giuridici e politici della problematica, non oggetto di questa trattazione, nel controllo del rumore da rotolamento è

importante riuscire a separare la componente di rumore derivante dal degrado della rotaia da quello dell'usura delle ruote. Questo permette di ripartire adeguatamente gli oneri e le responsabilità degli interventi tra gestori delle infrastrutture ferroviarie e gestori del materiale rotabile. Il problema è stato affrontato nell'ambito del progetto di ricerca Europeo METARAIL (*Methodologies and Actions for Rail noise and vibration control*), avviato nel 1997, per la normalizzazione della misura del rumore ferroviario.

Per quanto riguarda il rumore degli organi di propulsione, i treni a trazione elettrica sono in genere più silenziosi di quelli diesel. In questo caso possono risultare rumorosi: il compressore intermittente del sistema frenante, gli impianti di ventilazione e raffreddamento ed i sistemi di controllo elettrico. Nei treni elettrici ad alta velocità l'impianto di raffreddamento del motore può essere particolarmente rumoroso. Nei treni a trazione diesel, la componente principale è costituita dal rumore del motore.

Per quanto riguarda il materiale rotabile è importante distinguere tra carri merci e vetture passeggeri. I carri merci risultano assai più rumorosi a parità di condizioni di marcia, sia per la peggiore qualità della superficie delle ruote, causata dalla frenatura a ceppi, sia per la maggiore irradiazione del rumore da parte del carro e per il minor disaccoppiamento del carrello dalla cassa.

Gli interventi possibili si possono riassumere nelle tipologie seguenti [40]:

- **selezione di materiale rotabile meno rumoroso:** rientrano in questa categoria gli interventi tesi a rimpiazzare il materiale rotabile più vecchio od usurato con materiale più moderno: ruote resilienti con semplici carenature sono diffuse su treni moderni, mentre i nuovi sistemi frenanti a disco evitano, nei treni passeggeri, il deterioramento della superficie di contatto delle ruote con una riduzione di rumore fino ad 8 dB. Nel caso dei treni merci i freni a disco non possono essere impiegati per ragioni di sicurezza. Tuttavia è possibile intervenire sui carri esistenti per sostituire i ceppi in ghisa con altri realizzati con materiali che mantengono liscio il profilo della ruota; nel caso dei tram, i nuovi modelli possono avere livelli di emissione sonora minori di 10 dB rispetto a modelli più vecchi (di circa 30 anni) [77].
- **Riduzione del numero totale dei transiti:** la riduzione dei transiti è efficace solo se capace di ottenere una riduzione del traffico significativa. L'effetto sul livello di servizio di una tratta è però notevole, rendendola quindi una soluzione praticabile solo in casi estremi, soprattutto legati al periodo notturno.
- **Interventi sulla velocità di transito:** la riduzione della velocità di un treno comporta riduzioni nei livelli di emissione. Si stima che una riduzione di velocità del 30% comporti un miglioramento acustico di circa 3 dB, mentre una riduzione di velocità del 50% di 6 dB. Ridurre la velocità dei treni di tale quantità ha però ripercussioni notevoli sulla capacità di trasporto della rete ferroviaria. Tuttavia, in mancanza d'alternative ridurre la velocità di notte in un limitato numero di siti può essere una soluzione praticabile.
- **Interventi sull'interfaccia ruota-binario:** i treni con ruote usurate danneggiano i binari che a loro volta danneggiano le ruote dei treni successivi che vanno a danneggiare altre

tratte. Interventi di manutenzione mirati e/o piani di manutenzione periodica sia del materiale rotabile sia dell'armamento sono il sistema migliore per tenere sotto controllo il fenomeno:

- a) nei carri con il sistema frenante a ceppi in ghisa i cerchioni si deteriorano già dopo 7 000 km 8 000 km di percorrenza. Tornire e mantenere lisci i cerchioni permette di ridurre il rumore da 8 dB(A) a 10 dB(A),
- b) nelle vetture con sistemi frenanti a disco l'incremento di rumore si presenta dopo decine di migliaia di chilometri ed è dell'ordine dei 2-3 dB(A).

Anche le rotaie hanno bisogno di una manutenzione accurata. Oltre alla periodica lisciatura per eliminare i difetti di carattere ondulatorio, un altro intervento sull'armamento è la saldatura continua delle rotaie per avere giunti più silenziosi di quelli tradizionali.

- **Interventi sull'infrastruttura:** gli interventi sull'infrastruttura riguardano soprattutto i tratti in sopraelevata. Infatti durante il transito di treni su viadotti o ponti si produce un incremento nelle emissioni sonore, dovuto alla vibrazione delle strutture portanti, soprattutto se in ferro, che irradiano rumore. Ridurre questo rumore può essere complesso e costoso, ma possono essere valutate delle opzioni in caso di nuove strutture, ristrutturazioni, ricostruzioni e spostamenti. Molti ponti e viadotti presentano un parapetto di sicurezza che può agire anche come barriera acustica. Il parapetto può essere riprogettato al fine di schermare il rumore prodotto dall'interazione ruota-rotaia. Tuttavia i parapetti possono anche irradiare rumore, prodotto e originato dalla struttura del ponte, annullandone l'effetto. In questo caso è necessario isolare il tracciato della struttura del ponte. Anche nei tratti ordinari il tipo di armamento influisce sull'emissione sonora. La struttura aperta delle massicciate in sassi, grazie al rapporto tra vuoti e pieni, assorbe il rumore fino a 2 dB di più rispetto ai tracciati su cemento, ove le traversine sono direttamente connesse al cemento stesso. Inoltre sono stati sperimentati positivamente:
 - a) l'uso di traversine rigide di calcestruzzo bi-blocco;
 - b) l'ancoraggio della rotaia alla traversina ottimizzato per ridurre la produzione di vibrazioni o rumore a bassa frequenza;
 - c) smorzatori della rotaia per ridurre l'ampiezza della sua irradiazione sonora;
 - d) ostacoli alla propagazione integrati nell'armamento (barriere basse, *embedded rails*, ecc.).

I treni merci e i treni che transitano su tracciati sotterranei possono produrre vibrazioni del terreno e rumore a bassa frequenza. Materiali resilienti, posti sotto alle traversine possono ridurre le trasmissioni di vibrazioni al terreno e la produzione di rumore.

Le trincee ferroviarie possono ridurre il rumore sebbene siano poco efficaci a bassa frequenza. Le superfici dei muri di contenimento verticali, così come le pareti dei tunnel, possono essere trattate con un rivestimento fonoassorbente (*cladding*). Nelle trincee naturali, il

prato della scarpata assorbe rumore. Può essere efficiente anche una densa vegetazione purché abbia una estensione di almeno 10-15 m in senso perpendicolare all'infrastruttura.

Un esempio di buona pratica per la riduzione del rumore ferroviario in ambito urbano e suburbano è l'accordo sottoscritto volontariamente dalla Regione Bruxelles-Capital, da una parte, e le ferrovie nazionali belghe (SNCB) e la compagnia intercomunale di trasporto di Bruxelles (STIB), dall'altra, per la realizzazione concordata e graduale di una serie di misure per la riduzione del rumore emesso da ferrovie, metropolitana e tram [103].

7.2.1.3 *Aeroporti*

Per quanto riguarda le infrastrutture aeroportuali occorre distinguere il rumore di sorvolo da quello prodotto "a terra". Nel primo caso generalmente la propagazione del suono avviene dall'alto verso il basso e si tratta della tipologia di rumore che produce l'impatto più consistente per estensione ed intensità. Tuttavia in alcune particolari aree prossime agli scali riveste una specifica importanza la rumorosità dovuta alle attività di manutenzione e prova motori, alla movimentazione lungo la pista, alle attrezzature di assistenza agli aeromobili a terra: APU (*Auxiliary Power Unit*), rifornimenti, ecc.

La propagazione del rumore generato dai velivoli in volo è alquanto direzionale ed interessa una porzione di suolo limitata nell'intorno della traccia (la proiezione verticale a terra della rotta).

Il risanamento acustico degli intorni aeroportuali può essere perseguito, in modo coordinato, attraverso differenti approcci:

- la riduzione delle emissioni sonore degli aeromobili;
- la messa in atto di restrizioni operative;
- l'attuazione di procedure di abbattimento del rumore.

7.2.1.3.1 Riduzioni delle emissioni sonore degli aeromobili

L'ICAO (*International Civil Aviation Organization*) richiede che i velivoli attualmente realizzati soddisfino i livelli di certificazione adottati dal Consiglio dello stesso ICAO. I diversi velivoli sono suddivisi in classi di rumorosità decrescente (capitoli) sulla base dell'ampiezza a terra della isofona prodotta durante una procedura codificata di decollo e di atterraggio. Tale classificazione viene utilizzata sia per imporre restrizioni alla immissione sul mercato di nuovi velivoli (per i quali a partire da una certa data è obbligatorio rientrare nelle specifiche del capitolo più alto) sia per definire la progressiva uscita di servizio dei velivoli appartenenti ai capitoli più rumorosi.

7.2.1.3.2 Attuazione di restrizioni operative

La possibilità di selezionare in un aeroporto i velivoli più silenziosi mediante provvedimenti di limitazione di accesso a quelli più rumorosi è disciplinata dalla direttiva

europea 2002/30/CE [19], che in realtà pone forti vincoli a tale pratica. Secondo quanto indicato nella direttiva, infatti, le restrizioni operative che consistono in provvedimenti che limitano o interdicono l'accesso di particolari categorie di velivoli subsonici civili a reazione ad un determinato aeroporto, sia per un periodo di tempo ridotto, sia definitivamente, possono essere applicate solo attraverso un "approccio equilibrato", cioè un approccio in base al quale gli Stati membri prendono in considerazione le misure effettivamente disponibili per affrontare il problema del rumore in prossimità di un aeroporto e adottano tali restrizioni come soluzione estrema, con gradualità. L'Italia ha recepito la direttiva europea con il D. Lgs. 17 gennaio 2005, n. 13 [10].

7.2.1.3.3 Procedure di abbattimento del rumore

Le procedure antirumore sono definite, per ogni aeroporto aperto al traffico civile, dalle Commissioni Aeroportuali istituite dal D.M. 31 ottobre 1997 [4], e adottate dal Direttore della Circoscrizione Aeroportuale. Tali procedure consistono in indicazioni e prescrizioni di metodologie da applicare da parte dei vettori nelle operazioni di decollo e atterraggio. Al fine di minimizzare il rumore al suolo a tutela delle popolazioni esposte nell'intorno aeroportuale, le procedure antirumore devono ottimizzare sia le proiezioni al suolo delle rotte, nelle fasi di decollo e di atterraggio, sia i rispettivi profili verticali di salita e discesa.

Per il primo aspetto si procede in maniera specifica sulla base della collocazione dei centri e nuclei urbani nell'intorno del rispettivo aeroporto.

Per quanto riguarda il profilo verticale di salita a livello internazionale sono state elaborate delle procedure antirumore denominate ICAO-A e ICAO-B. Per il profilo di discesa nella fase di atterraggio si stanno implementando le procedure di atterraggio CDA (*Continuous Descent Approach*).

Procedure di decollo

Le procedure di decollo sono definite tramite l'impostazione di determinate condizioni di spinta (*Take off Thrust, Reduced Thrust*) e la configurazione dei flap in base alle condizioni climatiche e al peso del velivolo.

Il profilo di decollo ICAO-A è studiato in modo da ridurre l'impatto acustico degli aeromobili in aree vicine all'aeroporto (a partire dai 500 m di quota dei velivoli). Il profilo di decollo ICAO-B prevede una differente sequenza delle fasi procedurali con beneficio delle aree più distanti dall'aeroporto.

Procedure di atterraggio

Le procedure di atterraggio CDA (*Continuous Descent Approach*) consistono in profili di discesa costanti, che hanno inizio ad un'altezza pari a 6000 ft (circa 2000 m) dal suolo e, senza segmenti orizzontali, terminano in corrispondenza della pista di atterraggio. I vantaggi si manifestano tipicamente nella regione compresa tra 10 km e 25 km dalla pista di atterraggio.

7.2.1.4 Attività industriali

Le attività industriali alle quali si applica la END sono quelle alle quali si riferiscono il D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 [11], e la direttiva 96/61/CE [18]. Queste attività sono in possesso di un'autorizzazione ambientale integrata unica (AIA), che sostituisce tutte le autorizzazioni ambientali precedentemente in essere.

Ai fini della ricognizione delle soluzioni praticabili è importate ricordare che la direttiva 96/61/CE rende praticamente obbligatoria l'adozione da parte dei comparti produttivi, a cui s'indirizza, di specifiche tecnologie produttive, indicate con l'acronimo inglese BAT (*Best Available Technologies*). Un'azienda può non applicare le BAT solo se adotta tecnologie per le quali può dimostrare di raggiungere un risultato ambientale complessivamente migliore.

Le BAT sono definite dalla Commissione Europea attraverso uno scambio d'informazioni fra gli esperti dagli Stati Membri dell'Unione Europea, dell'industria e delle organizzazioni ambientali. Questo lavoro è coordinato dall'Ufficio Europeo dell'IPPC e da un comitato tecnico pubblico-privato che risiede a Siviglia. I risultati di questo lavoro sono raccolti in documenti detti BREF (*BAT Reference Document*), periodicamente aggiornati.

Poiché le BAT sono complessivamente la soluzione migliore da un punto di vista ambientale, non è detto che lo siano per ogni singola componente. Ovvero potrebbero esserci BAT che non minimizzano la riduzione delle emissioni rumorose. Al fine della ricognizione delle soluzioni praticabili è fondamentale tenere in evidenza questo vincolo legislativo. Viceversa è importante ricordare che all'interno dei BREF esistono specifici capitoli, più o meno approfonditi, sulle emissioni rumorose delle tipologie produttive analizzate e sulle possibilità d'intervento per la loro riduzione.

In termini molto generali bisogna considerare che il rumore industriale è prodotto da un ampio e variegato insieme di tipi e forme di sorgenti. In quest'ambito non è ovviamente possibile affrontare in modo esaustivo le azioni di mitigazione del rumore generato dalle attività produttive. Una trattazione generale delle tipologie di provvedimenti che si possono adottare è riportata nella UNI EN ISO 11690-2 [63].

7.2.2 Interventi sulla propagazione (barriere)

Quando gli interventi diretti o indiretti sulle sorgenti non sono sufficienti, allora è necessario adottare soluzioni di tipo passivo. L'intervento passivo più frequente sono le barriere acustiche, costituite nella loro generalità da una qualunque interposizione di materiale tra sorgente e ricettore (figura 19). Sulla base del materiale interposto si potranno avere barriere "naturali" (fasce arboree, terrapieni, rilievi collinari, pareti di trincee) o barriere "artificiali", costituite da pannelli di diversi materiali.

Se il cammino diretto dalla sorgente al ricettore è interrotto da una barriera, il rumore che raggiunge il ricettore include due componenti: il rumore che ha attraversato la barriera e quello che l'ha aggirata. Il primo è attenuato dalle caratteristiche fonoisolanti della barriera, il secondo

è attenuato tanto più quanto maggiore è l'angolo formato dalla linea sorgente-bordo superiore della barriera con la linea bordo superiore-ricettore.

Nel caso delle barriere artificiali, in cui il potere fonoisolante della barriera rende trascurabile la componente d'attraversamento, l'efficacia della barriera varia da qualche decibel per i ricettori posti al confine della zona d'ombra ad un massimo ideale di 15 dB per quelli ampiamente coperti dalla barriera. Nella realtà di rado si arriva a superare i 10 dB e la stima della riduzione dei livelli sonori per effetto dell'inserimento di una barriera è resa assai più complessa per effetto delle riflessioni multiple delle onde sonore sul terreno, sulla barriera, sulla sorgente e su eventuali altre superfici presenti.

A volte si realizza, con una tecnologia simile a quella delle barriere acustiche, una copertura totale della strada, che può assumere l'aspetto di una galleria artificiale o essere aperta in sommità (*covers*). Inoltre pannelli fonoassorbenti possono essere impiegati per il trattamento delle superfici laterali di strade o ferrovie in trincea (*claddings*).

Per la costruzione di barriere acustiche si usano molti tipi di materiali differenti, con prestazioni spesso equivalenti. È importante sottolineare che:

- L'efficacia acustica di una barriera installata (*insertion loss*) dipende primariamente dalle sue dimensioni geometriche (altezza e lunghezza) e dalla sua posizione rispetto alla sorgente sonora ed ai ricettori; questi sono parametri stabiliti in fase di progettazione, e quando sono stabiliti erroneamente non possono essere "compensati" dalla scelta dei materiali.
- L'efficacia acustica di una barriera installata (*insertion loss*) dipende anche dal sito specifico e dal clima locale. Per esempio l'*insertion loss* può variare di 3-5 dB in funzione del gradiente termico dell'aria nel sito di installazione (condizioni mediamente favorevoli o sfavorevoli alla propagazione sonora).
- Le prestazioni intrinseche dei componenti, acustici e strutturali, come per esempio l'isolamento acustico per via aerea, la resistenza al carico del vento, ecc. non vanno confuse con l'*insertion loss*. Esse sono codificate dalle norme EN di settore (vedere le righe seguenti). Responsabile della scelta dei valori nominali è ancora il progettista; responsabili delle prestazioni effettive sono il fornitore dei componenti e l'installatore.
- Quando vi sono ricettori da entrambi i lati della sorgente sonora (per esempio edifici da entrambi i lati di una strada) sono da preferire barriere acustiche con elevato assorbimento acustico sul lato esposto alla sorgente, in modo da attenuare le riflessioni dannose che, rimbalzando sulla barriera posta a lato della sorgente, possono andare a colpire i ricettori sull'altro lato.
- La vegetazione non può essere considerata equivalente ad una barriera acustica, a meno che non sia alta, compatta e si estenda per una notevole profondità ai lati dell'infrastruttura da schermare (approssimativamente si ottiene 1 dB di attenuazione per ogni 10-15 m di estensione della vegetazione alta, fitta e con sottobosco permanente).

Criteri e riferimenti per un'adeguata progettazione delle barriere acustiche artificiali sono riportati nella UNI 11160 [35].

Criteri e riferimenti per la valutazione delle proprietà intrinseche delle barriere acustiche, delle coperture e dei rivestimenti fonoassorbenti sono riportati nel pacchetto di norme UNI EN 1793, parti 1, 2 e 3 [48], [49], [50]; UNI CEN/TS 1793, parti 4 e 5 [51], [52]; UNI EN 1794, parti 1 e 2 [53], [54]; UNI EN 14389, parti 1 e 2 [55], [56] e UNI EN 14388 [57]. Quest'ultima stabilisce le regole la marcatura CE dei prodotti usati nelle barriere acustiche stradali, che è obbligatoria in Italia dal 1 maggio 2007.

Tutti questi riferimenti andranno tenuti in conto nelle fasi di progettazione esecutiva delle barriere indicate nell'ambito del piano d'azione.

Da un punto di vista più generale è necessario tenere conto che nell'inserimento di una barriera, la scelta della tipologia ed i materiali da utilizzarsi non sono solo un problema acustico o economico. La progettazione deve infatti adeguarsi a numerosi vincoli e prescrizioni relative alla sicurezza, alle interferenze visive e sociali, all'inserimento paesaggistico e più in generale all'interazione che il nuovo manufatto realizza con la funzionalità dell'infrastruttura e dei luoghi e ad essa circostanti.

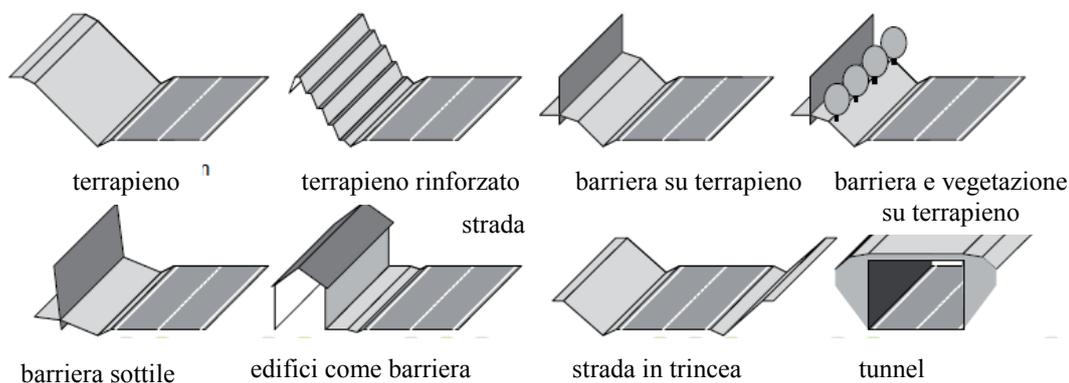


Figura 6 – Esempi di barriere acustiche (da [77]).

7.2.3 Interventi sul ricettore

In alcuni casi gli interventi sulla propagazione (barriere, rilevati, ecc.) possono essere più efficienti se collocati in prossimità del ricettore, piuttosto che in vicinanza della sorgente. Tali interventi costituiscono in genere una intrusione negli spazi del ricettore o anche una limitazione di sue prerogative (visuale, ricambi d'aria, accessibilità degli spazi) che li fanno adottare in via residuale.

Nell'ipotesi che gli interventi sulla sorgente o sulla via di propagazione del rumore non siano sufficienti è possibile ricorrere ad interventi di incremento dell'isolamento acustico dei fabbricati che ospitano i ricettori. Con questo sistema non si riesce a garantire la fruibilità degli spazi esterni, ma si possono garantire la quiete ed il riposo delle persone all'interno degli spazi confinati. L'intervento sui ricettori è spesso l'unico possibile quando è necessario aumentare la

tutela solo di alcuni edifici, inseriti però in un contesto acustico per altri versi soddisfacente. In genere si tratta di edifici che ospitano funzioni che necessitano di quiete e silenzio: asili, scuole, ospedali, case di riposo ecc.. L'utilizzo di questa tipologia di interventi è limitato dalla legislazione italiana ai casi in cui altrimenti “*non sia tecnicamente conseguibile il raggiungimento dei valori limite di immissione, oppure qualora lo impongano valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale*” (D.M. 29 novembre 2000 [8], art. 5, comma 4).

La valutazione mediante misurazioni dell'isolamento acustico di facciata di un edificio si effettua secondo i metodi contenuti nelle norme UNI EN ISO 140-5 [58] e UNI EN ISO 717-1 [59]. La progettazione dell'isolamento acustico di un edificio (e conseguentemente del suo miglioramento) si effettua secondo i metodi contenuti nelle norme della serie UNI EN 12354 [60], [61], [62].

- **Interventi sui ponti acustici.** Serramenti, giunzioni, bocchette di aerazione, canne fumarie, passaggi per gli impianti tecnologici e, più in generale, tutte le aperture, sono responsabili di gran parte dell'immissione di rumore dall'esterno all'interno dell'edificio. Porte e finestre rappresentano in genere i punti di minor isolamento acustico di una facciata. Le caratteristiche acustiche dei serramenti sono trattate nella UNI 11296 [37]. Serramenti ben costruiti possono arrivare ad avere un indice di valutazione del potere fonoisolante di 25-30 dB, mentre per arrivare verso i 40 dB sono necessari serramenti speciali con prezzi elevati.
- **Interventi sulle murature.** Se l'eliminazione dei ponti acustici è insufficiente, si può procedere rivestendo le murature con una struttura fonoisolante da realizzarsi sull'esterno oppure all'interno dell'edificio. Le prestazioni del sistema dipenderanno dalle caratteristiche della controparete, ma anche dalla struttura esistente e dalla loro interazione con gli altri elementi.
- **Interventi sulle coperture.** Gli interventi sulle strutture orizzontali sono principalmente utilizzati per la mitigazione del rumore d'origine aeroportuale associato al sorvolo dell'edificio. Questi interventi possono interessare gli elementi tecnici di chiusura dell'edificio (coperture) oppure la creazione di controsoffitti. Nel caso di copertura a falda gli interventi possono avvenire sia all'interno sia sull'esterno. Nel primo caso l'elemento isolante viene applicato all'interno dell'elemento portante e prende il nome di isolamento all'intradosso. Nel secondo caso l'elemento isolante è applicato all'esterno e prende il nome di isolamento all'estradosso.

Nel caso di tetti piani, una particolare tecnica di recente diffusione, consiste nell'adozione di un tetto-giardino (*green roof*) che porta numerosi vantaggi dal punto di vista dell'isolamento acustico, termico e meccanico. Queste coperture possono essere realizzate con verde intensivo o estensivo. Nel primo caso la copertura consiste nell'applicazione di substrati (con spessore minimo di 3,5 cm, ma generalmente da 12 cm a 30 cm), che permettono la messa a dimora di

piante e che chiaramente sono adottati in situazioni di vasta scala. Il verde estensivo riguarda invece l'applicazione di vegetazione superficiale per spessori anche molto ridotti (generalmente da 6 cm a 10 cm). L'inverdimento è preceduto dalla posa di vari strati, con diverse funzionalità: strato drenante, filtrante e strato di vegetazione vero e proprio.

7.2.4 Pianificazione territoriale e urbanistica

7.2.4.1 Classificazione acustica del territorio

La classificazione acustica (o zonizzazione) è lo strumento, introdotto dal D.P.C.M. 1 Marzo 1991 e ripreso dalla L. 447/95, che permette ai Comuni di assegnare valori limite di rumore al territorio sulla base dei principali usi urbanistici consentiti, siano essi già realizzati o soltanto in previsione. Fondamentalmente, fissando valori limite e di attenzione/qualità, la zonizzazione ha l'obiettivo di contemperare esigenze di produzione e di mobilità con esigenze di quiete dei cittadini.

Va ricordato che la direttiva 2002/49/CE prevede fra le possibili misure contenute nei piani d'azione sia la pianificazione territoriale che la pianificazione del traffico, in perfetto accordo, pertanto, anche con una valorizzazione della classificazione acustica quale strumento di gestione "acustica" del territorio.

In effetti la classificazione acustica, anche se ha come conseguenza l'istituzione di limiti e valori di riferimento, è paragonabile, soprattutto per quanto riguarda le nuove aree, ad una sorta di pianificazione acustica del territorio che si accompagna alle scelte urbanistiche, dato che ne rappresenta la ricaduta dal punto di vista acustico; essa permette, infatti, di valutare la sostenibilità ambientale delle scelte effettuate in sede amministrativa e come tale dialoga dinamicamente con la pianificazione urbanistica e contribuisce dunque alla scelta "migliore", vale a dire quella che meglio contempera esigenze di sviluppo ed esigenze di quiete per la popolazione. In questo senso la classificazione acustica è uno strumento irrinunciabile, che si colloca oltre la logica del "command and control" che caratterizza in diversi aspetti la Legge Quadro e, a ben vedere, può rappresentare un importante punto di partenza per soddisfare agli adempimenti della END stessa: la realizzazione della prima risulta propedeutica alle azioni imposte dalla seconda (mappatura e piano d'azione). La zonizzazione deve costituire, dunque, per i Comuni un fondamentale strumento di prevenzione e di risanamento, soprattutto se pensata in relazione alle grandi potenzialità della pianificazione urbanistica.

La normativa regionale ha dato molto spazio al tema dei rapporti fra pianificazione acustica e pianificazione urbanistica: la L.R. 15/01 ha, infatti, fra i suoi obiettivi peculiari proprio quello di realizzare una stretta connessione con la normativa urbanistica e ciò, se da un lato aumenta la complessità tecnica del processo di zonizzazione acustica (stato di fatto / stato di progetto), dall'altro costituisce un passaggio assai rilevante ai fini della prevenzione dell'inquinamento acustico. Per ciò che concerne in particolare i nuovi strumenti urbanistici (PSC) è previsto che i Comuni verifichino la coerenza delle previsioni degli stessi con la

classificazione acustica del territorio nell'ambito della valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale, e che, in assenza della classificazione acustica, il PSC assuma il valore e gli effetti della stessa.

Va altresì ricordato che nella D.G.R. n. 2053/01, che fissa i criteri in base ai quali i Comuni procedono alla classificazione acustica del territorio, viene sottolineata la necessità che siano individuate e descritte, in una relazione di accompagnamento, le situazioni di criticità acustica transitoria; tali criticità debbono essere disciplinate nelle norme di attuazione, con l'obiettivo di non peggiorare la situazione esistente ovvero di migliorarla in termini di contenimento della popolazione esposta. Le norme tecniche di attuazione debbono, in particolare, disciplinare le "trasformazioni" del territorio e le "criticità transitorie".

L'esperienza maturata ha reso, infatti, evidente che la zonizzazione non è costituita da una mera mappa colorata e da una relazione di accompagnamento che ne illustra le modalità costruttive; è invece qualcosa di più strutturato e che comprende "regole" di gestione del territorio, che tengono conto delle ricadute acustiche conseguenti alle trasformazioni urbanistiche previste. Le norme tecniche o regolamento di esecuzione debbono rispondere a queste esigenze e alcuni dei principali contenuti possono essere i seguenti:

- individuazione e descrizione dei potenziali conflitti;
- regolamentazione delle aree adiacenti alle infrastrutture di trasporto;
- criteri per la classificazione di nuove aree;
- criteri per la gestione delle trasformazioni urbanistiche ed edilizie.

7.2.4.2 Interventi sulla distanza sorgente-ricettore

L'allontanamento reciproco di sorgenti e ricettori costituisce una delle soluzioni più semplici e immediate, tuttavia comporta nella maggioranza dei casi costi elevati e lunghi tempi di realizzazione. Ovviamente rappresenta una delle opzioni fondamentali in fase di progettazione di nuovi insediamenti o infrastrutture. Per la sua natura strutturale si applica in genere ai piani strategici, la cui realizzazione non può prescindere dal coinvolgimento del settore pubblico.

Nel caso delle sorgenti lineari le principali metodiche di separazione sono lo spostamento e l'interramento. Le circonvallazioni e le varianti rappresentano il più evidente esempio di allontanamento della sorgente (il traffico di attraversamento) dai ricettori. Lo spostamento dei ricettori è una pratica molto più rara per gli aeroporti, tuttavia è stata utilizzata per esempio in occasione dell'ampliamento dell'area aeroportuale di Malpensa in provincia di Varese.

La pianificazione territoriale e urbanistica può essere uno strumento di risanamento nel momento in cui, sulla base di una nuova destinazione d'uso dei suoli, opera per la separazione tra sorgente e ricettori. La delocalizzazione può quindi riguardare sia la sorgente sia i ricettori. La pianificazione territoriale e urbanistica rappresenta comunque più che un intervento di risanamento, uno strumento di prevenzione, con cui operare per ridurre in partenza le probabilità di conflitto.

Si deve tuttavia tenere presente che ad ogni raddoppio della distanza tra sorgente e ricettore si ha una riduzione del rumore in genere variabile da 3 a 5 dB, in funzione delle caratteristiche del terreno. Per una tipica autostrada ciò significa che per una distanza minore di 100 m difficilmente il rumore scenderà sotto i 70 dB. Dunque la distanza può essere una soluzione più adatta ad aree rurali o a piccoli paesi; per le grandi aree urbane raramente è un'opzione praticabile.

7.2.4.3 *Progettazione edilizia*

Un ambito più limitato è quello che prevede prescrizioni ed accorgimenti nella realizzazione dei singoli interventi edilizi, in modo da utilizzare la nuova riorganizzazione spaziale come elemento di mitigazione del rumore. In questa ottica possono essere previsti:

- una forma particolare degli edifici in modo da ridurre il rumore intrusivo. In pratica si tratta di porre cura alla posizione delle soluzioni di continuità delle facciate in modo da non dare luogo a troppe riflessioni delle onde sonore (figura 7);
- una attenta distribuzione interna degli ambienti in modo da confinare l'impatto del rumore in aree poco sensibili. In pratica si tratta di prevedere la localizzazione degli ambienti meno sensibili al rumore (bagni, cucine, scale, ecc.) sui lati più esposti al rumore intrusivo (figura 8);
- una forma delle facciate e degli elementi aggettanti in modo da schermare le finestre e gli ambienti interni più sensibili al rumore (figura 9);

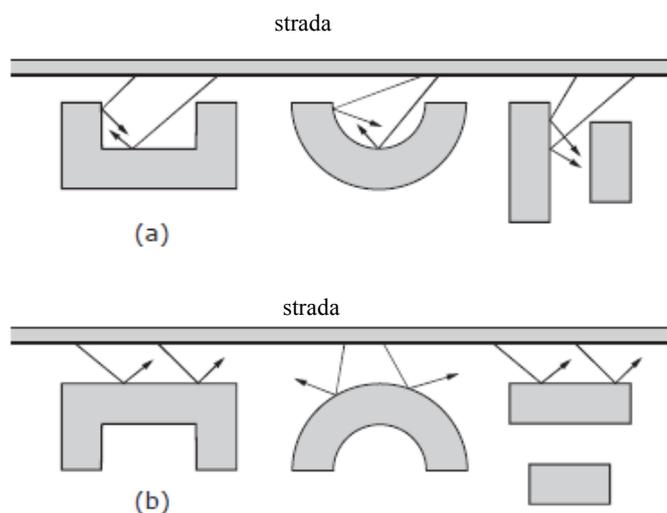


Figura 7 – Disposizione degli edifici: a) da evitare; b) da preferire (da [77]).

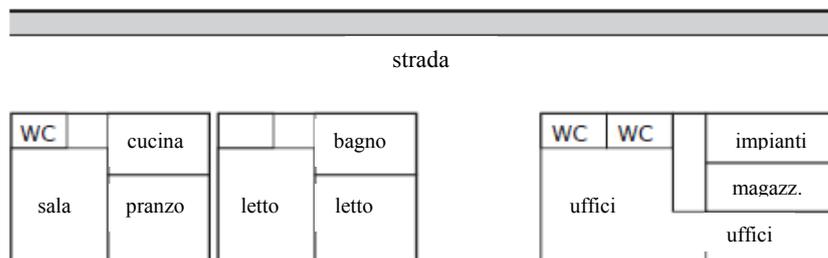


Figura 8 – Distribuzioni degli ambienti interni compatibili con la protezione dal rumore (da [77]).

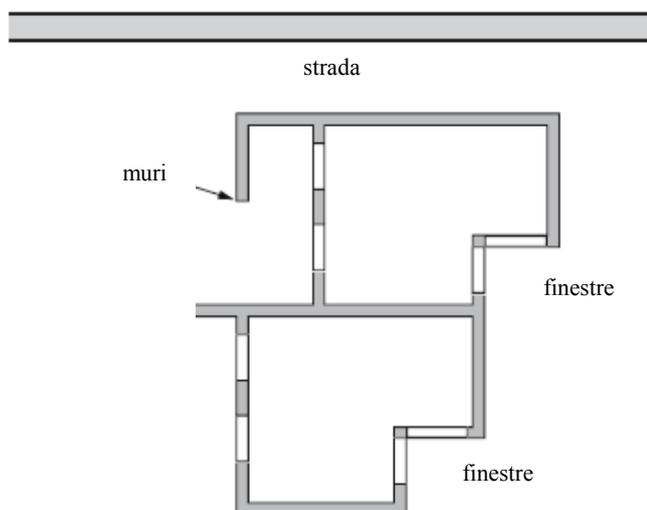


Figura 9 – Elementi aggiunti in facciata a protezione degli ambienti interni dal rumore (da [77]).

- disposizione di edifici od usi del suolo non sensibili al rumore in prossimità delle sorgenti, in modo da utilizzarli come schermi di protezione per le attività retrostanti. Gli edifici poco sensibili al rumore possono essere quelli produttivi o commerciali o quelli usati come garage (figure 10 e 11). Un tipico uso del suolo non sensibile al rumore è quello dei parcheggi, che possono essere collocati tra l'infrastruttura e l'abitato.

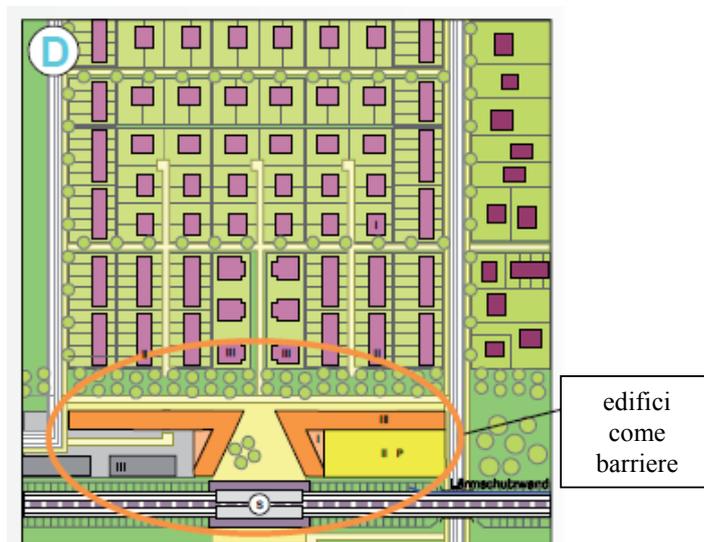


Figura 10 – Edifici meno sensibili utilizzati come schermo al rumore lungo una linea ferroviaria elementi (da [77]).



Figura 11 – Garage utilizzati come schermo al rumore per formare una corte protetta dal rumore stradale (da [77]).

7.3 *Stime sommarie per alcune soluzioni praticabili*

A conclusione di questo capitolo, si riportano in tabella 13 delle stime di massima degli abbattimenti acustici, dei costi di realizzazione e della vita utile di alcuni interventi di mitigazione. Si sottolinea che si tratta di valutazioni sommarie utili solo per dare un ordine di grandezza a chi approccia il problema per la prima volta. Le cifre inserite nel piano d'azione, strategico o progettuale che sia, devono essere più centrate sul caso specifico in esame e frutto di valutazioni mirate. I valori indicati presuppongono una manutenzione costante e l'assenza di

imprevisti (per esempio incidenti o atti vandalici, ecc.) che compromettano la funzionalità della soluzione.

Tabella 13 – Stime di massima per alcune soluzioni di mitigazione acustica.

Tipologia di soluzione	Abbattimento acustico	Vita utile	Costi di massima
Segnali stradali (con limiti di velocità)	1-2 dB in funzione della riduzione di velocità e del cambiamento di stile di guida indotti	funzione del sito specifico	150-300 €/cadauno
Dossi artificiali in gomma, larghezza 0,60-0,90 m	1-2 dB in funzione della riduzione di velocità e del cambiamento di stile di guida indotti	1-3 anni	150-250 €/m
Nuovo design della strada (incluse chicane)	1-4 dB in funzione della riduzione di velocità e del cambiamento di stile di guida indotti	funzione del volume di traffico, della manutenzione, delle modifiche alla viabilità, ecc.	2 000 €/m ²
Sostituzione di incroci semaforici con rotonde e mini-rotonde	1-4 dB in funzione della riduzione di velocità e del cambiamento di stile di guida indotti	funzione del volume di traffico, della manutenzione, delle modifiche alla viabilità, ecc.	2 000 €/m ² Minirotonde 7 500 €/cadauna
Onda verde semaforica	2-3 dB in funzione della riduzione di velocità e del cambiamento di stile di guida indotti	funzione della manutenzione, delle modifiche alla viabilità, ecc.	funzione del n. di semafori coinvolti, della complessità della messa a punto, dei cicli di manutenzione programmati, ecc.
Asfalto drenante e fonoassorbente monostrato (4-5 cm) Per autostrade o strade extraurbane a scorrimento veloce	2-4 dB a bassa velocità 3-6 dB ad alta velocità (rispetto all'asfalto compatto)	4-8 anni (extraurb.)	+ 30 €/m ² (in più rispetto all'asfalto compatto)
Asfalto drenante e fonoassorbente a doppio strato (2+3 cm) Anche per strade urbane	2-4 dB a bassa velocità 3-6 dB ad alta velocità (rispetto all'asfalto compatto)	4-8 anni	+ 40 €/m ² (in più rispetto all'asfalto compatto)
Conglomerato bituminoso drenante e fonoassorbente per strato di usura	2-4 dB	4-8 anni	2,6 €/m ² per ogni centimetro di spessore

Tipologia di soluzione	Abbattimento acustico	Vita utile	Costi di massima
Terrapieni naturali	3-15 dB	15-30 anni	100-200 €/m ² Oppure: 110 €/m ³ esclusi: - scavi e movimento terra per predisposizione del piano di posa - deviazioni acqua e aggettamenti
Terrapieni rinforzati	3-15 dB	15-30 anni	150-300 €/m ² a seconda dell'altezza (3-12 m) esclusi: - scavi ed eventuale cordolo di livellamento - terreno vegetale ed idrosemina
Barriere acustiche artificiali	3-15 dB	15-30 anni	200-250 €/m ² escluse fondazioni
Barriere acustiche vegetate	3-15 dB	10-20 anni	300-400 €/m ² escluse fondazioni
Coperture artificiali	8-20 dB	15-30 anni	400-700 €/m ² escluse fondazioni
Sostituzione degli infissi esistenti con infissi ad adeguate prestazioni acustiche	12-24 dB	10-20 anni	500-1000 €/m ² in media Attenzione: il costo è fortemente variabile a seconda del caso specifico e del contesto edilizio e urbanistico

8. APPENDICE E – VALUTAZIONI COSTI E BENEFICI E PUNTEGGI DI PRIORITA’

8.1 Valutazione dei costi

Nella definizione di un piano d’azione la valutazione dei costi delle opere è un passaggio determinante perché:

- a) occorre sapere i costi delle opere per definire quali sono quelle che si possono inserire nel piano (per esempio, a fronte di un budget definito);
- b) i costi sono un importante parametro di scelta tra diverse soluzioni alternative o per l’assegnazione di priorità tra interventi su diverse aree critiche.

Con il termine “costi” si intende la somma delle seguenti voci di costo:

- costi per realizzare l’opera;
- costi per mantenere l’opera nel tempo;
- costi che l’opera può determinare, come ricadute o implicazioni sul territorio diverse dall’efficacia acustica.

Mentre i primi due costi sono essenzialmente economici, valutabili quindi come le spese che occorre sostenere complessivamente per la realizzazione dell’opera, la terza voce include anche contropartite non economiche, solo parzialmente valutabili in termini economici, quali per esempio: l’alterazione del paesaggio, l’aumento dei tempi di percorrenza di una strada, l’ostacolo ad un tessuto di relazioni sociali, ecc.

8.1.1 Valutazione dei costi di investimento e di esercizio delle opere

La valutazione dei costi dovrebbe prendere in esame le diverse fonti di spesa che accompagnano l’iter di realizzazione e gestione delle opere: esame delle soluzioni praticabili, progettazione esecutiva, apertura del cantiere, realizzazione delle opere, collaudo delle opere, manutenzione nel tempo.

In considerazione del diverso grado di dettaglio con cui sono definite le opere, la valutazione dei costi si articola in maniera distinta a seconda che si tratti di un piano d’azione progettuale o di un piano d’azione strategico.

La valutazione dei costi dovrebbe essere effettuata nei seguenti casi:

- per opere progettate al solo scopo di ottenere un beneficio acustico su un’area critica;
- per opere che costituiscono un’azione aggiuntiva, specificamente a carattere acustico, all’interno di piani di intervento pensati per altre finalità.

In altre parole, qualora su un certo territorio siano attivati interventi all’interno di progetti (per esempio di natura urbanistica) che non siano i piani d’azione, ci si può domandare se tali

interventi siano validi anche sotto il profilo acustico o se necessitino di opere aggiuntive che, pur non modificando la finalità per la quale sono nati, ne migliorino l'efficacia acustica. In quest'ultimo caso vanno imputati al piano d'azione solo i costi aggiuntivi determinati dalla modifica del piano originario.

8.1.2 Valutazione dei costi sociali associati a ciò che l'opera può determinare

La valutazione dei costi "sociali" associati all'opera spesso è quantificabile economicamente solo in parte. Tra tali costi vanno inclusi quelli associati a:

- impatto sull'abitato (integrazione architettonica);
- impatto sul paesaggio;
- impatto ecologico (effetto di separazione per la fauna, bilancio idrico, ecc.);
- impatto sulla circolazione (sicurezza, aumento dei tempi di percorrenza, ecc.);
- impatto sulla qualità abitativa per i residenti (incidenza della luce naturale, condizioni di visibilità, ostacolo alle relazioni sociali, ecc.)
- impatto sulla qualità dell'aria.

Se gli impatti sono di entità ridotta, essi possono non essere ulteriormente considerati nelle fasi successive del piano d'azione.

Se gli impatti sono di entità media, il progetto non viene messo in discussione nella sua totalità e la priorità dell'intervento è comunque attribuita alla protezione dal rumore. I possibili conflitti devono però essere chiariti con gli interessati e con gli esperti del settore e, se possibile, attenuati mediante adeguamenti del progetto.

Se gli impatti sono di forte entità (gli esperti li ritengono intollerabili), le conseguenze negative del progetto sono considerate preponderanti rispetto alle esigenze di protezione dal rumore. In questo caso è necessario cercare soluzioni alternative insieme agli interessati ed agli esperti.

8.2 Valutazione dei benefici

8.2.1 Introduzione

Le soluzioni tecniche applicabili per mitigare i livelli di rumore immessi nell'ambiente possono diversificarsi non solo in termini di costi, ma anche in termini di **efficacia** (raggiungimento dell'obiettivo di mitigazione ipotizzato) e di **efficienza** (rapporto benefici/costi).

La valutazione dei benefici associati agli interventi di riduzione del rumore è praticata essenzialmente con due diverse finalità:

- valutazione "comparativa" di interventi diversi;
- valutazione "assoluta" della ragionevolezza dei costi sostenuti per un ipotetico intervento di mitigazioni acustica.

In entrambi i casi non esistono metodi e scale di valori universalmente accettati: le presenti linee guida forniscono quindi dei riferimenti di massima e dei criteri orientativi per la formulazione di scale di valori coerenti con gli obiettivi del piano e con le indicazioni provenienti dalla legislazione e dalla buona tecnica.

A questo proposito è importante tenere in considerazione quale delle due finalità sopra richiamate si sta perseguendo per poter scegliere un criterio che, nel contesto dato, si fondi sul minor numero possibile di ipotesi arbitrarie.

Ai fini di una comparazione tra diverse tipologie di intervento è quindi preferibile adottare una valutazione basata più direttamente sugli effetti acustici delle mitigazioni, mentre per valutare l'appropriatezza dei costi sostenuti diviene indispensabile introdurre dei fattori di ponderazione economica del beneficio acustico.

L'effetto positivo di una mitigazione acustica è, in primo luogo, la riduzione dei livelli sonori presso i ricettori interessati. Tuttavia l'apprezzamento che si può dare di tali riduzioni è fortemente influenzato da molti fattori che distinguono un ricettore dall'altro: innanzitutto il livello sonoro cui era esposto, per cui sono generalmente più apprezzati i miglioramenti conseguiti dove i livelli sono alti rispetto a quelli dove i livelli sonori sono già bassi. Sono considerati spesso rilevanti anche altri fattori quali i valori limite applicabili, il numero di occupanti, la destinazione d'uso e il valore dei ricettori, il contesto urbanistico in cui sono inseriti. Infine è ragionevole ritenere che vi possa essere una differente valutazione delle riduzioni di livello sonoro relative al periodo diurno rispetto a quelle ottenute nel periodo notturno: poiché spesso queste sono conseguite in proporzioni differenziate tra le diverse tipologie di intervento possibili, il rango di valore attribuito ai diversi interventi può risentire significativamente del diverso apprezzamento che si dà alla riduzione dei livelli sonori diurni rispetto a quella dei notturni.

Per dare invece una valutazione economica dei vantaggi ottenuti con le mitigazioni acustiche si può partire dalla considerazione che i benefici derivanti dalle misure di protezione corrispondono ai costi sociali ed economici che possono essere evitati attraverso l'attuazione delle misure stesse. La differenza fra i costi del rumore prima e dopo l'applicazione degli interventi di mitigazione acustica equivale così ai benefici prodotti dalle misure sull'economia nazionale.

I costi sociali ed economici includono i costi materiali ed immateriali che i singoli individui o la società devono sostenere a causa del rumore. Gli oneri politici ed economici comprendono i costi interni ed esterni. I costi interni sono sostenuti dai soggetti responsabili del rumore, mentre quelli esterni dalla società. Nel caso del rumore i costi sono principalmente esterni, poiché le persone disturbate non sono generalmente responsabili del rumore immesso in ambiente.

La monetizzazione dei costi del rumore a carico dell'economia nazionale può essere effettuata con i metodi illustrati nel punto 8.2.4.

Per la determinazione dei costi socio-economici delle misure di protezione acustica dovrebbero essere considerati anche i possibili conflitti con altri interessi (abitato, impatto sul

paesaggio, ecologia, qualità abitativa per i residenti, sicurezza della circolazione, ecc.), da valutarsi in maniera qualitativa (vedere punto 8.1.2).

8.2.2 Quantificazione del beneficio sulla base dei ricettori trattati

Una prima valutazione del beneficio conseguito con un intervento di mitigazione acustica deriva dalla quantificazione del numero di ricettori il cui valore di esposizione scende al di sotto dei valori limite fissati dalla legislazione vigente o di una soglia scelta dal proponente del piano. Anche in questo caso restano aperte delle alternative importanti riguardo alla modalità con cui quantificare il numero di “ricettori” trattati; generalmente si prendono in considerazione indici quali:

- a) il numero di edifici;
- b) il numero di appartamenti;
- c) la superficie abitativa;
- d) il numero di residenti.

Una quantificazione nei termini degli indicatori a) e d) è comunque richiesta per la trasmissione dei dati alla Commissione Europea [20], [32].

Tuttavia per diverse ragioni può essere preferibile adottare una scala continua di valutazione dei benefici più direttamente associata agli effetti prodotti dal rumore. Tale scala può anche essere la base per la valutazione in termini monetari della riduzione del disturbo; essa può essere effettuata attraverso un’espressione analitica che quantifichi il beneficio in funzione dell’abbattimento ottenuto ogni anno per abitazione, in relazione al tempo di vita stimato della misura attuata e della popolazione che ne beneficia.

8.2.3 Quantificazione del beneficio sulla base degli effetti del rumore

La quantificazione del beneficio percepito a seguito dell’attuazione di un intervento di mitigazione acustica dipende da svariati fattori, tra cui il livello iniziale del rumore (gravità del disturbo), la condizione sociale, culturale ed economica della popolazione esposta, l’entità dell’abbattimento operato dalla misura applicata, la tipologia di sorgente.

Per valutare la diversa percezione del disturbo al variare della sorgente sonora, si può fare riferimento alle curve dose-effetto pubblicate nel 2004 dal gruppo di lavoro su “*Health and Socio-Economic Aspects*” [26]. Queste curve descrivono la percentuale di persone affette da disturbi cronici del sonno al variare del livello di esposizione notturna stimato sulla facciata più esposta.

8.2.4 Monetizzazione dei costi socio-economici del rumore

Il rumore influisce sulle persone in svariati modi. Ci sono effetti che le persone percepiscono, come l’impatto sulla conversazione, l’ascolto e la fruizione di spazi esterni. Ci

sono invece effetti che non sono facilmente percepibili come l'impatto sulla salute. Per conferire un valore agli effetti prodotti dal rumore occorre effettuare una distinzione tra benefici percepiti e non, specialmente quando si tratta di quantificare in termini monetari la disponibilità a pagare per ridurre o mantenere un ambiente entro determinate soglie di rumore. In questi termini, metodi basati sui benefici percepiti non contemplano tutti gli aspetti connessi con la problematica in oggetto, poiché escludono dalla valutazione gli effetti non direttamente percepiti. I principali metodi di valutazione ad oggi sviluppati si basano sui benefici percepiti, espressi in termini di disponibilità a pagare, o ad accettare miglioramenti o deterioramenti del clima di rumore. Tali metodi vanno sotto il nome di:

- *Stated Preference* (SP);
- *Hedonic Pricing* (HP).

La valutazione dei benefici derivante dall'applicazione del metodo *Stated Preference* si basa sulla disponibilità dei cittadini a pagare per ridurre l'esposizione al rumore di una certa quantità. Il pagamento è inteso in termini di tasse, risarcimenti, ecc.

Nel metodo di valutazione *Hedonic Pricing* il parametro utilizzato è invece il prezzo associato ad un immobile in funzione della rumorosità dell'area in cui ha sede. Poiché le persone sono maggiormente disponibili a pagare per vivere in ambienti tranquilli, la presenza o meno di rumore modula i prezzi degli immobili. Sulla base dei prezzi che le persone sono disposte a pagare per affittare o comprare un appartamento in zone più o meno silenziose è possibile valutare il valore, in termini monetari, da associare al rumore per decibel.

Poiché il valore monetario riflette i cambiamenti percepiti dalla popolazione, la valutazione tiene conto degli effetti ai ricettori e non alla sorgente. Questa considerazione è di fondamentale importanza, dato che sussiste una differenza non trascurabile tra i cambiamenti alla sorgente e la riduzione di rumorosità percepita ai ricettori.

8.2.5 Raccomandazioni del gruppo di lavoro su "Health and socio-economic aspects"

Nel 2003 sono state pubblicate le conclusioni del gruppo di lavoro su *Health and Socio-Economic Aspects* [23] sulla valutazione dei benefici (*Valuation of noise*). I risultati di questo studio provengono prevalentemente dall'applicazione del metodo SP, in base al quale i benefici possono essere valutati prendendo un valore rappresentativo medio pari a:

$$\text{Valore rappresentativo medio} = 25 \text{ € per abitazione/decibel/anno} \quad (9)$$

Gli intervalli di valori di L_{den} per cui questo coefficiente monetario può ritenersi valido sono: tra 50 dB e 55 dB e tra 70 dB e 75 dB.

Il coefficiente è sovrastimato rispetto al dato mediano originario di 23,5 € per tenere conto delle incertezze associate alla stima e deriva da un insieme di dati raccolti in molti Paesi dell'Unione Europea aventi stile di vita medio e prezzi diversificati.

Il coefficiente non tiene conto del livello iniziale del rumore: la riduzione di un decibel è valorizzata allo stesso modo, indipendentemente dal livello di partenza, assumendo che non ci sia differenza tra il beneficio derivante dalla mitigazione di scenari sonori più gravi e quello derivante dalla mitigazione di scenari sonori meno gravi.

In aggiunta, questa formulazione esclude gli effetti non direttamente percepiti dalla popolazione e quindi consente di valutare soltanto il limite inferiore dei benefici che possono scaturire dall'intervento di mitigazione. Per rappresentare appieno i benefici derivanti dall'applicazione delle misure di riduzione del rumore, a questo valore dovrebbe essere sommato a rigore un fattore additivo che includa anche gli impatti non percepiti.

Nella formula (10) è riportata l'espressione analitica che consente il calcolo dei benefici:

$$\text{Benefici} = 25 \times \sum_{i=1}^n \Delta L_i \times T \quad \text{in } \text{€} \quad (10)$$

dove:

n è il numero di abitazioni che beneficiano dell'intervento;

ΔL_i è la riduzione del rumore in dB(A) per abitazione;

T è la durata della misura di mitigazione ipotizzata.

Per facilitare il calcolo dei benefici in relazione alla popolazione esposta, il numero delle abitazioni può essere dedotto dal dato sulla popolazione, ipotizzando che il numero di abitanti per abitazione sia pari a 2.

L'espressione proposta nel documento redatto dal gruppo di lavoro su *Health and Socio-Economic Aspects* [23], [26] è stata specificamente formulata per il rumore da traffico stradale, ma può essere applicata anche alle sorgenti ferroviarie ed aeroportuali con un diverso coefficiente monetario.

Infatti, il coefficiente monetario può essere modulato in funzione della diversa percezione del disturbo, al variare della sorgente sonora, inserendo nell'espressione (10) un fattore di ponderazione basato sulle relazioni dose/effetto.

8.3 Punteggi di priorità

8.3.1 Obiettivi

Obiettivo generale dell'utilizzo dei punteggi di priorità è quello di rendere quanto più possibile oggettiva ed univoca la scelta che si deve operare. Questi punteggi possono essere utilizzati essenzialmente per diverse tipologie di comparazione:

- comparare tra loro le diverse aree critiche per individuare quelle per le quali inserire gli interventi nel piano d'azione, evitando di pianificare gli interventi meno necessari o rinviandoli ad un secondo momento;

- comparare tra loro interventi di risanamento diversi per definire una graduatoria sulla base della quale assegnare risorse limitate, che non sono sufficienti a realizzare tutti gli interventi progettati o progettabili;
- comparare tra loro interventi di risanamento diversi per stabilire un ordine temporale di realizzazione;
- selezionare la migliore tra le diverse ipotesi di intervento alternative per la stessa area critica.

8.3.2 Requisiti generali per l'uso dei punteggi di priorità

Non esistono regole univoche per stabilire i punteggi di priorità, né ci sono indicazioni di letteratura consolidate che facciano optare in maniera preferenziale per alcune soluzioni specifiche. Da un punto di vista tecnico, quindi, si possono privilegiare algoritmi diversi per scopi diversi.

In tutti gli ambiti di impiego sopra richiamati, tuttavia, inevitabilmente concorrono alla scelta anche fattori di valutazione di tipo qualitativo o dicotomico (intervento possibile - intervento non possibile) che non si prestano ad essere trattati da punteggi di priorità e che richiedono invece sensibilità ed esperienza; così, in generale, la scelta finale sarà dettata da una combinazione di valutazioni basate su criteri quantitativi (formule) e su criteri qualitativi (giudizi di esperti).

Data questa situazione di fatto, il presente capitolo delle linee guida non fornisce l'indicazione di algoritmi, né l'indicazione di un algoritmo "preferenziale" per ciascun specifico obiettivo, ma esplicita alcune indicazioni generali ai quali dovrebbero rispondere gli algoritmi utilizzati per rendere chiaro ed univoco il criterio di scelta adottato nella selezione degli interventi:

- a) dovrebbe essere chiaramente definito il ruolo del punteggio di priorità in rapporto alle scelte di tipo qualitativo o dicotomico non incluse in esso;
- b) gli elementi di valutazione inclusi nel punteggio di priorità dovrebbero essere chiaramente definiti e non dovrebbero concorrere alla scelta degli interventi anche in modo qualitativo;
- c) gli algoritmi per il calcolo dei punteggi dovrebbero assegnare lo stesso rango a soluzioni equivalenti o che differiscano solo per i parametri non valutati dal punteggio di priorità.

Una conseguenza di questo terzo criterio generale è che l'accorpamento di interventi elementari indipendenti in interventi di area più vasta o, viceversa, il frazionamento di interventi di area vasta in interventi elementari indipendenti, non deve modificarne il rango attribuito dal punteggio di priorità.

La condizione c) benché appaia un requisito scontato di uno strumento, qual è il punteggio, definito per rendere oggettive le valutazioni di merito, altrimenti opinabili, è in realtà assai difficile da conseguire. In particolare il rango definito dal punteggio può essere fortemente condizionato dal modo con cui sono costruite le aree critiche. Tutti i punteggi di tipo

estensivo rispetto ai ricettori trattati, quale, per esempio, quello proposto dal D.M. 29/11/2000 [8], modificano il rango degli interventi nel caso di accorpamenti arbitrari di aree critiche. Non sono invece soggetti a questa problematica i punteggi di tipo **intensivo** quali, per esempio, quelli di efficienza.

In considerazione di quanto sopra, l'utilizzo di punteggi estensivi è ragionevole per comparare diverse soluzioni relative alla stessa area critica. Qualora invece si utilizzino per confrontare l'opportunità o la precedenza di interventi su aree critiche diverse è necessario, per evitare soluzioni arbitrarie, che sia univoco il criterio di costruzione delle aree critiche stesse.

Un punteggio di priorità traduce su una scala quantitativa l'applicazione di criteri di valutazione diversi tra loro, che possono essere utilizzati alternativamente o in combinazione tra loro, per la selezione di interventi di risanamento. La decisione di quali criteri adottare è un'opzione del proponente il piano d'azione, quando non è già definita dal legislatore. Il punteggio di priorità assolve al compito di esplicitare in che modo i diversi criteri sono tenuti in considerazione. In generale si utilizzano i punteggi di priorità per esplicitare le seguenti tipologie di criterio:

- **criteri di gravità:** privilegiano gli interventi da effettuarsi nelle aree dove gli effetti dell'inquinamento acustico sono più gravi;
- **criteri di efficienza:** privilegiano gli interventi dove, a parità di risorse impiegate, si ottengono i risanamenti più consistenti e/o più estesi;
- **criteri di efficacia:** privilegiano gli interventi che conseguono la più ampia soluzione delle criticità evidenziate: si esprimono in genere come percentuale di situazione risolte rispetto al numero di quelle evidenziate o come rapporto fra la "gravità" residua della situazione dopo l'intervento e quella precedente.

8.3.3 Punteggi di priorità basati su criteri di gravità

Un punteggio basato su un criterio di gravità può essere costruito sulla base dell'entità del superamento del livello sonoro da ottenersi come obiettivo del risanamento, o di una soglia "di attenzione" che rappresenta, appunto, una situazione di grave inquinamento. Tipicamente tali soglie sono i valori limite di legge, ma possono essere fissate soglie più alte nei casi in cui il diffuso superamento dei limiti richieda di intervenire prioritariamente solo nelle situazioni più gravi.

In realtà il problema si presenta generalmente in maniera più complessa in quanto le diverse aree critiche a confronto possono essere interessate a livelli di inquinamento acustico diversamente distribuiti nei periodi del giorno, richiedendo così di comparare superamenti relativi ad indicatori diversi (L_{Aeq} diurno e L_{Aeq} notturno, o L_{den} e L_{night}). Allo stesso modo nelle diverse aree critiche possono essere interessati al superamento della soglia di gravità ricettori di tipologia diversa, quindi con diversa suscettibilità al superamento della soglia.

Nella definizione di un punteggio di gravità basato su soglie le soluzioni a questo tipo di problemi sono di due tipi:

- fissare soglie differenziate, per ricettore ed indicatore, corrispondenti a livelli di pari gravità;
- utilizzare una curva dose-effetto correlata con effetti sanitari per ponderare i diversi livelli sonori.

Il primo metodo, consente un certo margine di arbitrarietà nella fissazione delle soglie, e produce una selezione indifferenziata di casi ritenuti gravi, o al più una differenziazione su pochi livelli.

Il secondo metodo consente una graduazione continua dei punteggi assegnati, ma richiede una scelta sugli effetti da assumere a base della curva dose-effetto da adottare, o un modello di comparazione di effetti diversi. Per esempio si può assumere come fattore di ponderazione la curva dose effetto, proposta dalla Commissione Europea [26], che descrive la percentuale di popolazione “molto disturbata” dal rumore per valutare la gravità dei livelli di L_{Aeq} diurno (o di L_{den}), ma occorre definire un “fattore di scambio” per poterla comparare con quella che descrive la percentuale di popolazione affetta da disturbo del sonno in relazione ai valori di L_{Aeq} notturno (o di L_{night}).

Un’alternativa più radicale consiste nel costruire un punteggio di priorità basato su di un indicatore riconosciuto dello stato di inquinamento, per esempio l’energia sonora che impatta sui ricettori. Un esempio di tale indicatore è l’ ECU_{den} (cfr. 5.1.2) che determina una scala continua di valori in funzione anche della gravità della situazione di inquinamento acustico.

I criteri di gravità puri e semplici, anche se correttamente applicati, non si prestano a valutare la numerosità del problema, ovvero la quantità di popolazione interessata dal problema nell’ambito della stessa area critica. Infatti, un indicatore di gravità di tipo additivo sui diversi ricettori soffre della difficoltà di circoscrivere l’ambito dell’intervento, ed inevitabilmente fornirebbe una graduazione degli interventi che non è invariante nel caso di raggruppamento di due o più aree critiche elementari in un’area più vasta. Ciò produce il risultato paradossale che il “criterio oggettivo” produce una classifica che dipende dalla modalità con cui si è deciso di raggruppare fra loro le aree critiche e/o i relativi interventi.

Per questo motivo i criteri di gravità vengono generalmente utilizzati come primo *screening* tra le diverse aree critiche per selezionare quelle su cui avviare con urgenza una progettazione degli interventi, da sottoporre eventualmente ad ulteriori valutazioni di efficienza, efficacia e di tipo qualitativo (opportunità, ecc.) o dicotomico.

8.3.4 Punteggi di priorità basati su criteri di efficienza

I criteri di efficienza sono quelli più adatti a confrontare tra loro interventi alternativi per la medesima area critica.

Possono costituire anche un ragionevole criterio per concorrere alla definizione delle opere da inserire nel piano quando non siano disponibili risorse sufficienti a realizzare tutte quelle necessarie per una completa bonifica delle sorgenti oggetto del piano.

Un modo semplice per garantirsi che l'algoritmo assegni il rango degli interventi indipendentemente dalle scelte fatte per la costruzione delle aree critiche è quello di utilizzare la seguente formula generale:

$$p_i = \alpha \frac{b_i}{c_i} \quad (11)$$

dove:

p_i è il punteggio di priorità assegnato all' i -esimo intervento di risanamento;

b_i e c_i sono rispettivamente i relativi benefici e costi;

α è un fattore di scala arbitrario.

In questo modo gli elementi di discrezionalità nella definizione dei punteggi di priorità sulla base di criteri di efficienza si riducono a quelli insiti nella definizione quantitativa dei benefici ed, in misura minore, in quella dei costi.

A questo proposito, analogamente a quanto evidenziato per i punteggi di gravità, la principale difficoltà deriva dalla necessità di comparare benefici relativi a tipologie di ricettori e di indicatori acustici diversi tra loro.

8.3.5 Punteggi di priorità basati su criteri di efficacia

Nel dimensionamento degli interventi di risanamento è frequente che si verifichi la possibilità che solo una parte dei ricettori critici sia risanata. Una misura del rapporto tra i ricettori risanati e la totalità di quelli compresi nell'area critica costituisce un punteggio di efficacia. È normale che il conseguimento di una maggiore efficacia dell'intervento introduca una perdita di efficienza, a causa dei costi unitari rilevanti che richiedono i ricettori più critici o quelli marginali. Quindi fissare una soglia di efficacia minima degli interventi può essere necessario per evitare disparità di trattamento inaccettabili tra cittadini della stessa area critica, prodotte da un dimensionamento che ottimizzi esclusivamente l'efficacia degli interventi. Una soglia o un punteggio di efficacia possono essere utilizzati anche per ridurre il ricorso eccessivo alle mitigazioni passive sui ricettori. Elemento qualificante il punteggio di efficacia è la scelta della misura con cui pensare i ricettori che presentano criticità. Sono indicatori praticabili di questo tipo:

- il numero di abitazioni sopra la soglia di criticità;
- la superficie abitabile delle abitazioni sopra la soglia di criticità;
- il numero di residenti che vivono in un'abitazione sopra la soglia di criticità.

I tre parametri presentati richiedono generalmente uno sforzo crescente nel reperimento delle informazioni necessarie a valutare il punteggio. Il criterio basato sul numero dei residenti appare quello più pertinente. Si noti che l'indicatore di criticità ECU_{den} (cfr. 5.1.2) è anche un criterio di efficacia quando è aggregato su aree che comprendono diversi edifici; per

minimizzare l'arbitrarietà dell'aggregazione le presenti linee guida specificano le regole di aggregazione (cfr. 5.1.2).

In realtà tutti e tre i tipi di ponderazione sopra citati presentano evidenti limiti di utilizzo in tutte le situazioni in cui il contesto urbano è in una fase di rapida trasformazione che impone di tenere conto di potenzialità abitative non ancora completamente consolidate dalla presenza effettiva dei residenti.

Un altro parametro critico, cui prestare attenzione, è la modalità con cui inserire nel punteggio i ricettori diversi da quelli residenziali; a questo proposito si ricorda che sia l'indicatore P di cui al DM 29/11/2000 (cfr. 5.1.1), sia l' ECU_{den} (cfr. 5.1.2) prevedono apposite ponderazioni per i ricettori scolastici ed ospedalieri.

Per ottenere un punteggio di efficacia che non risenta delle problematiche dei punteggi estensivi alcuni propongono di costruirlo sulla base del rapporto tra la misura delle criticità risolte dall'intervento e quella delle criticità presenti; in tal modo l'area critica viene di fatto a coincidere con l'area di azione dell'intervento.

9. APPENDICE F – ESEMPIO DI DETERMINAZIONE DEI CONFLITTI, DELLE CRITICITA' E DEGLI INTERVENTI

9.1 Introduzione

In questa appendice viene mostrato un esempio dettagliato di applicazione dei principi generali, esposti in precedenza, ad una strada a grande traffico ai fini della determinazione dei conflitti esistenti, delle situazioni di criticità e della loro gravità ed infine di individuazione degli interventi da porre in essere, questi ultimi almeno al livello di dettaglio richiesto per un piano d'azione strategico.

9.2 Individuazione dei conflitti esistenti

La valutazione dei conflitti può essere effettuata per singolo edificio e per area. In entrambi i casi è indispensabile in primis stabilire univocamente i valori limite da applicare in ogni punto dell'area interferita. In questo esempio, ciò viene fatto costruendo una "carta dei limiti": si uniscono in maniera opportuna, mediante strumenti di editing GIS, le carte delle Zonizzazioni Acustiche Comunali (ZAC) e le fasce di pertinenza acustica infrastrutturali affinché sia possibile associare ad ogni area ed ad ogni edificio la classe acustica corrispondente. Si sottolinea che è necessario stabilire un ordine di priorità nell'effettuare la sovrapposizione di *layer* in ambito GIS poiché le classi I hanno la precedenza sulle fasce di pertinenza infrastrutturali.

9.2.1. Realizzazione della carta dei limiti

Si compone dei seguenti passi.

1. Unione delle carte delle ZAC di tutti i comuni interessati dall'infrastruttura in esame (figura 12).
2. Definizione e rappresentazione in cartografia delle fasce di pertinenza acustiche dell'infrastruttura stradale in esame (figura 13).
3. Sovrapposizione delle ZAC e delle fasce di pertinenza acustiche per la realizzazione della carta dei limiti (figura 14).



Figura 12 – Unione delle carte delle ZAC di tutti i comuni interessati dall'infrastruttura stradale in esame.

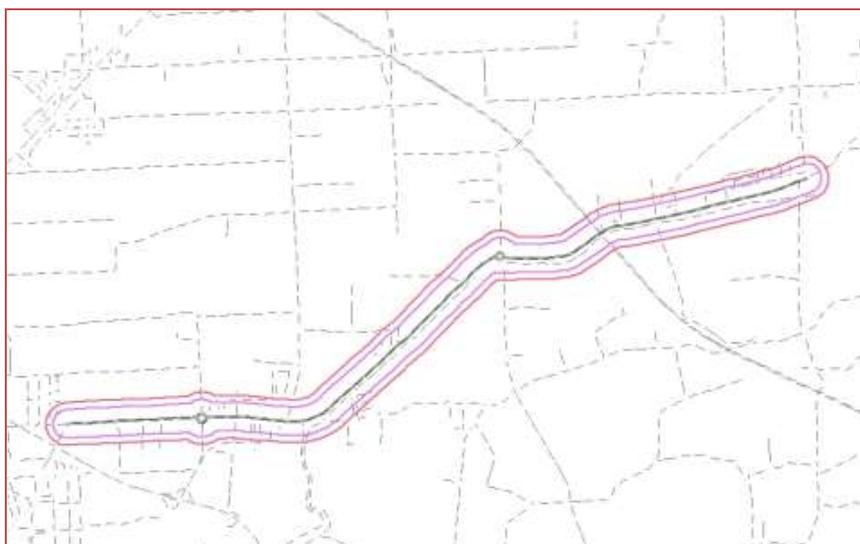


Figura 13 – Rappresentazione cartografica delle fasce di pertinenza acustiche dell'infrastruttura stradale in esame.

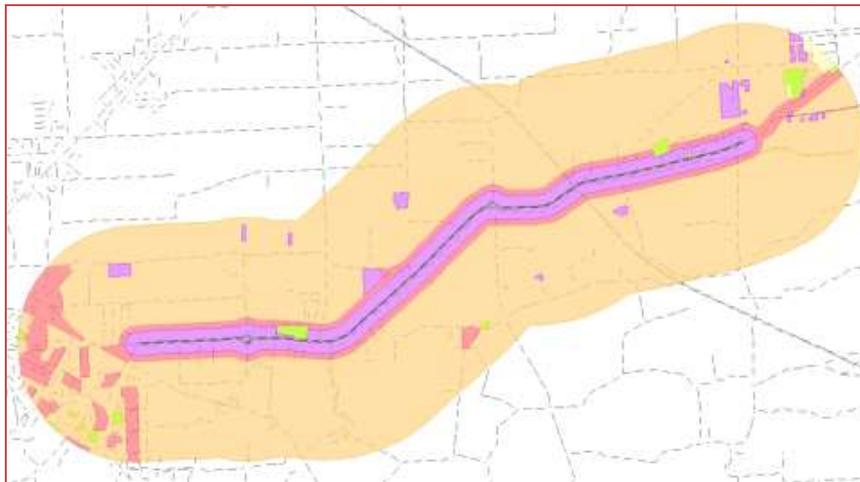


Figura 14 – Sovrapposizione delle ZAC e delle fasce di pertinenza acustiche per la realizzazione della carta dei limiti.

9.2.2. *Valutazione dei conflitti su aree di territorio*

È possibile calcolare i superamenti dei valori limite di legge nelle aree di territorio interessate attribuendo ad ogni classe della carta dei limiti i corrispondenti valori limite, espressi negli indicatori europei (L_{den} e L_{night}). Secondo quanto esposto in 4.2, si utilizza un coefficiente di correzione $K = 0$ dB in quanto i livelli di rumore sono stati calcolati tramite griglie di punti ricettori che considerano tutte le riflessioni acustiche e non solamente il suono incidente.

Attraverso strumenti di editing GIS o direttamente dal software di simulazione acustica (se lo consente), è possibile effettuare una semplice sottrazione dei valori limite dai valori calcolati per evidenziare le aree in cui sono presenti superamenti dei valori limite, espressi direttamente negli indicatori L_{den} e/o L_{night} . La procedura può essere realizzata sia come operazione tra poligoni in formato GIS, sia come operazione tra file raster.

La figura 15 mostra la procedura effettuata come differenza tra immagini raster, considerando l'indicatore L_{den} . Dalla stessa si nota un evidente superamento in un'area classificata in classe I, con presenza di due edifici scolastici, ubicata nelle immediate vicinanze della strada in esame. La figura 16 mostra la stessa situazione prendendo però in considerazione l'indicatore L_{night} .

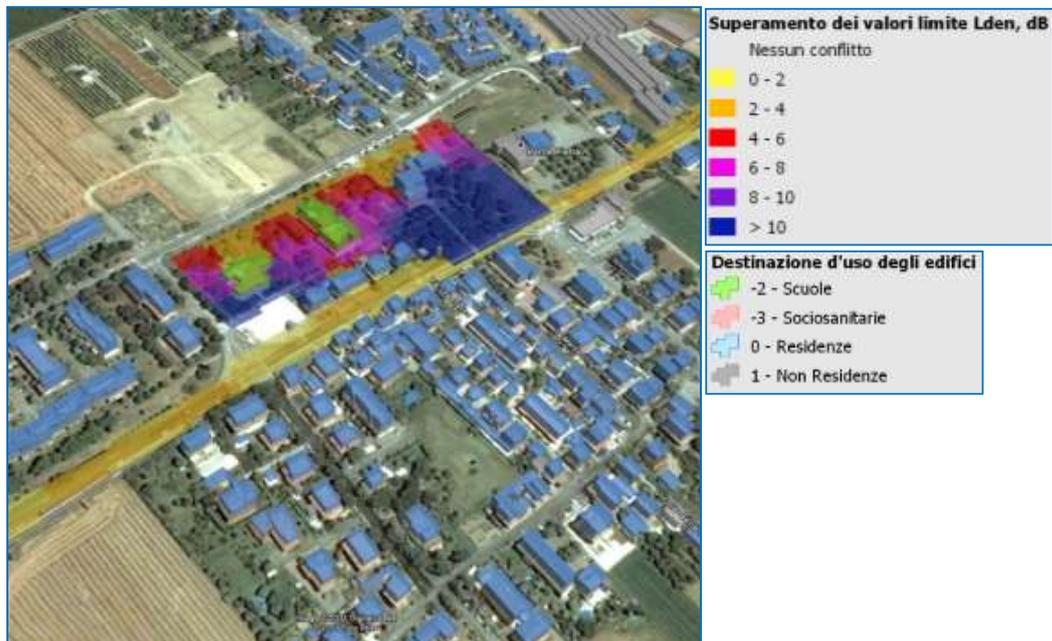


Figura 15 – Superamenti dei valori limite, espressi tramite l'indicatore L_{den} .

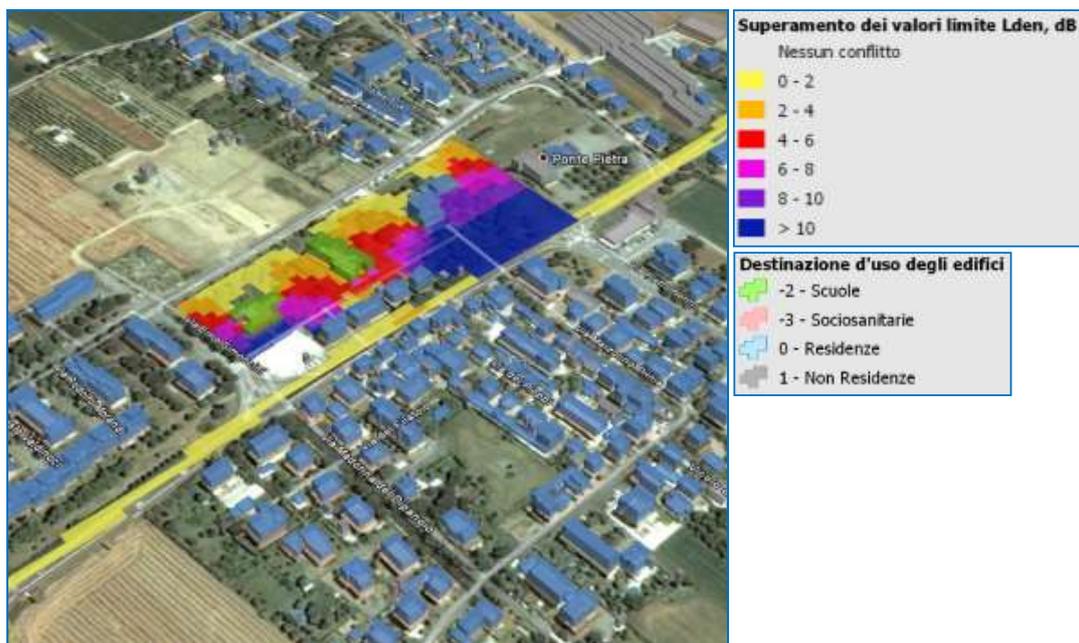


Figura 16 – Superamenti dei valori limite, espressi tramite l'indicatore L_{night} .

9.2.3. Valutazione dei conflitti sui singoli edifici

Sempre ai fini della ricerca delle criticità è utile identificare gli edifici che evidenziano superamenti dei valori limite. Per fare ciò è indispensabile incrociare preventivamente, mediante strumenti di editing GIS, la copertura degli edifici con la copertura della carta dei limiti. In tal modo si associa ad ogni edificio la classe di zona corrispondente ed

automaticamente sono definiti i valori limite da rispettare. Secondo quanto esposto nel punto 4.2, si utilizza un coefficiente di correzione $K = 3$ dB in quanto i livelli di rumore attribuiti ai singoli edifici sono stati calcolati tramite insiemi di punti ricettori collocati in facciata, e che dunque considerano solamente il suono incidente e non la riflessione della facciata retrostante.

La figura 17 illustra i superamenti dei valori limite per gli stessi edifici inclusi nell'esempio in figura 15. L'indicatore utilizzato è L_{den} , ma è possibile procedere analogamente per l'indicatore L_{night} .



Figura 17 – Superamenti dei valori limite per singoli edifici, espressi tramite l'indicatore L_{den} .

9.3 Individuazione e caratterizzazione delle criticità

La procedura per la ricognizione delle aree critiche prevede innanzitutto la scelta della tipologia di aree per le quali aggregare l'indice di criticità ECU_{den} (se disponibili possono essere usate le aree di zonazione del PRG/PSC comunale, oppure le UTO – Unità Territoriali Omogenee – della classificazione acustica; può essere pure utilizzata una griglia a maglia regolare creata appositamente). Dato che l'esempio si riferisce ad una strada provinciale, conformemente a quanto specificato nel punto 5.1.2, è stata scelta una griglia a maglia quadrata con passo di 100 m: si veda la figura 18.

Successivamente deve essere calcolato l'indice ECU_{den} per tutti gli edifici con livello L_{den} maggiore di 55 dB(A) e con popolazione residente all'interno (desunta da dati associati ai civici o stimata a partire dalle sezioni di censimento sulla base della volumetria dell'edificio). Si veda la figura 19.

Infine i valori calcolati per i singoli edifici devono essere aggregati nelle aree scelte precedentemente. Si veda la figura 20.



Figura 18 – Griglia per l’aggregazione dei valori dell’indicatore ECU_{den} sovrapposta alla cartografia dell’edificato.



Figura 19 – Valori dell’indicatore ECU_{den} per singoli edifici sovrapposta alla cartografia dell’edificato.



Figura 20 – Aggregazione dei valori dell'indicatore ECU_{den} per singoli edifici nella griglia a maglia regolare scelta.

Nelle procedure di sovrapposizione spaziale tra gli edifici ed altre coperture poligonali (quali per esempio la carta dei limiti o la griglia di base per il calcolo dell'indicatore ECU_{den}), può essere conveniente utilizzare, in sostituzione della copertura poligonale degli edifici, una copertura puntuale (centroidi) al fine di associare ogni edificio ad un unico poligono.

Sulla base delle indicazioni fornite dall'indicatore ECU_{den} è possibile stilare una lista ordinata di aree "critiche" da analizzare in dettaglio in cui probabilmente sarà necessario intervenire in base alla priorità stessa evidenziata.

La tabella 14 mostra un esempio di caratterizzazione dell'intorno della strada in esame in cui sono state considerate "critiche" le aree con valori di ECU_{den} superiori a 80 (cfr. 5.1.2, tabella 10). Le aree critiche sono state ulteriormente raggruppate in macroaree in base alla posizione al fine di uniformare la scelta e la descrizione dell'intervento di mitigazione previsto.

Per ogni area critica vengono fornite le seguenti informazioni:

- identificativo dell'area critica;
- descrizione qualitativa del tratto di infrastruttura ritenuta "critica";
- numero di edifici analizzati (edifici residenziali, scolastici e con funzione sanitaria);
- popolazione analizzata (residenti, alunni o numero di posti letto);
- altezza media degli edifici;
- valore dell'indicatore ECU_{den} per aree, come risultante dalla mappatura acustica;
- valori massimi degli indicatori europei L_{den} e L_{night} per il ricettore maggiormente esposto, derivanti dalla mappatura acustica;
- conteggio della popolazione esposta a livelli L_{den} e L_{night} superiori ai valori limite, derivante dalla mappatura acustica.

Tabella 14 – Identificazione e caratterizzazione delle aree critiche sulla base dei risultati della mappatura acustica.

Identificativo dell'area critica	Descrizione arco stradale	Edifici analizzati, di cui edifici sanitari	di cui edifici scolastici	Popolazione analizzata, di cui in edifici sanitari	di cui in edifici scolastici	[Altezza media] _{edifici}	Mappatura Acustica ("MA")					
							Indicatore [ECUden] _{area}	[Ldenmax] _{edificio} in dB(A) (valore massimo sul ricettore più esposto)	[Lnightmax] _{edificio} in dB(A) (valore massimo sul ricettore più esposto)	Popolazione esposta a Lden superiore ai valori limite	Popolazione esposta a Lnight superiore ai valori limite	
STRD_ITD58SP304_Area242		17	0	0	0	5,2	82,8	68,9	60,6	23	29	
STRD_ITD58SP304_Area328		8	0	0	0	5,1	81,0	70,8	62,5	9	14	
STRD_ITD58SP304_Area350		7	0	0	0	5,1	82,7	71,1	62,8	14	14	
STRD_ITD58SP304_Area416	dall'inizio del tratto (km	7	0	0	0	6,9	81,8	68,1	59,8	9	17	
STRD_ITD58SP304_Area437	0-000, in uscita	20	0	0	0	4,5	84,0	70,8	62,5	24	29	
STRD_ITD58SP304_Area458	Luogo) fino all'intersezione con la sp123	11	0	0	0	5,4	81,9	68,9	60,5	19	25	
STRD_ITD58SP304_Area438	"Provinciale Sala" (km 1+750 circa)	3	0	3 (2 sc.elementare +1 sc.materna)	200	5,4	88,1	61,7	53,5	200	0	
STRD_ITD58SP304_Area527		19	0	0	0	5,3	81,2	69,7	61,4	1	22	
STRD_ITD58SP304_Area699		11	0	0	0	4,3	82,9	72,2	63,8	13	13	

Identificativo dell'area critica	Descrizione arco stradale	Edifici analizzati, di cui edifici sanitari di cui edifici scolastici	Popolazione analizzata, di cui in edifici sanitari di cui in edifici scolastici	[Altezza media] _{edifici}	Indicatore [ECUden] _{area} [Ldenmax] _{edificio} in dB(A) (valore massimo sul riceettore più esposto) [Lnightmax] _{edificio} in dB(A) (valore massimo sul riceettore più esposto) Popolazione esposta a Lden superiore ai valori limite <u>Popolazione</u> esposta a Lnighit superiore ai valori limite					
STRD_ITD58SP304_Area700		13	0	0	5,7	86,0	68,4	60,1	52	61
STRD_ITD58SP304_Area790		2	0	0	7,0	82,9	71,8	63,4	14	14
STRD_ITD58SP304_Area820		4	0	0	7,0	82,6	72,4	64,1	13	13
STRD_ITD58SP304_Area927		11	0	0	4,5	82,1	71,6	63,3	12	12
STRD_ITD58SP304_Area928		6	0	0	4,5	83,8	71,3	63,0	23	23
STRD_ITD58SP304_Area951		15	0	0	4,0	81,8	71,7	63,4	11	11
STRD_ITD58SP304_Area952		15	0	0	4,0	82,8	71,3	62,9	16	16
STRD_ITD58SP304_Area975		12	0	0	4,3	82,7	72,8	64,5	11	11
STRD_ITD58SP304_Area976	dalla rotatoria di intersezione con la sp70 al km	15	0	0	5,1	86,8	73,4	65,0	35	35
STRD_ITD58SP304_Area999	3+200, fino alla fine del tratto	22	0	0	5,2	87,3	73,1	64,7	35	37
STRD_ITD58SP304_Area1022	oggetto di studio	15	0	0	4,9	84,8	71,1	62,7	26	26
STRD_ITD58SP304_Area1070	fine del tratto	4	0	0	3,9	83,1	71,5	63,2	15	15
STRD_ITD58SP304_Area1093	oggetto di studio (in direzione Cesenatico)	9	0	0	4,6	83,5	73,2	64,8	11	11
STRD_ITD58SP304_Area1140		19	0	0	4,7	80,7	69,4	61,1	11	13
STRD_ITD58SP304_Area1162		8	0	0	4,9	81,2	69,9	61,6	16	16
STRD_ITD58SP304_Area1184		14	0	0	5,0	84,9	72,9	64,6	23	23
STRD_ITD58SP304_Area1185		7	0	0	4,9	81,3	71,1	62,8	10	10
STRD_ITD58SP304_Area1206		7	0	0	7,3	85,8	73,1	64,7	19	19
STRD_ITD58SP304_Area1207		23	0	0	5,1	87,7	73,0	64,7	34	34

9.4. Interventi di mitigazione acustica

A titolo di esempio verranno prese in esame le aree critiche evidenziate in colore rosso, già illustrate precedentemente, e precisamente (vedere figure 21 e 22):

a) aree principalmente ad uso residenziale, con edifici nelle immediate vicinanze dell'infrastruttura stradale e diffusi superamenti dei valori limite (come convertiti in valori degli indicatori europei L_{den} e L_{night}):

- STRD_ITD58SP304_Area242
- STRD_ITD58SP304_Area328
- STRD_ITD58SP304_Area350
- STRD_ITD58SP304_Area416
- STRD_ITD58SP304_Area437
- STRD_ITD58SP304_Area438
- STRD_ITD58SP304_Area527

b) area con presenza di due complessi di edifici scolastici:

- STRD_ITD58SP304_Area438

Dall'analisi della tabella delle aree critiche e dalle mappe dei superamenti risulta una criticità diffusa con conflitti maggiormente evidenti nel periodo notturno. Inoltre la presenza di edifici scolastici nelle immediate vicinanze dell'infrastruttura determina una evidente criticità.



Figura 21 – Identificazione degli edifici per i quali i valori limite sono superati; indicatore L_{den} .



Figura 22 – Identificazione degli edifici per i quali i valori limite sono superati; indicatore L_{night} .

La selezione delle soluzioni praticabili è orientata agli interventi diretti, in quanto interventi di tipo indiretto, associati a politiche più generali di gestione del territorio (cfr. 7.2) non sono in previsione o concretamente attuabili.

Tra gli interventi alla sorgente, la riduzione del numero dei transiti non è concretamente attuabile in quanto le riduzioni richieste per ottenere un effetto significativo sono improponibili (cfr. 7.2.1.1). La riduzione della velocità dei transiti può essere una misura di completamento. Una pavimentazione stradale a bassa rumorosità è invece proponibile come intervento primario di controllo alla sorgente.

Tra gli interventi sulla propagazione, quello più efficace in termini di attenuazione dei livelli sonori è la costruzione di una barriera acustica, che qui è favorita dall'andamento pianeggiante del terreno e dall'altezza limitata degli edifici. Dato il contesto, anche l'impatto paesaggistico risulta accettabile.

Sono da escludere gli interventi diretti ai ricettori (sostituzione dei serramenti, interventi sui ponti acustici, ecc.) in quanto molto costosi, di difficile quantificazione preventiva e realizzabili solo in tempi lunghi rispetto all'orizzonte temporale del piano d'azione; inoltre questi interventi non garantiscono la fruibilità degli spazi esterni.

Anche la pianificazione territoriale ed urbanistica non trova qui applicazione,

In definitiva, gli interventi di mitigazione acustica proposti consistono in:

- a) posa di asfalto fonoassorbente (strato singolo), dall'inizio del tratto stradale oggetto di studio fino all'intersezione con la Strada Provinciale "xyz" per una lunghezza complessiva di circa 1,75 Km;

- b) realizzazione di due tratti di barriera acustica fonoassorbente ed un tratto di terrapieno a protezione degli edifici scolastici;
- c) controllo delle velocità veicolari su tutto l'arco oggetto di studio.

Per ogni intervento vengono fornite informazioni riguardanti il dimensionamento di massima dell'intervento, i costi di massima e l'effetto stimato sui ricettori più prossimi. Nello specifico le informazioni fornite sono:

- dimensionamento di massima e tipologia dell'intervento;
- costo stimato;
- numero di edifici potenzialmente interessati dall'intervento in questione (per interventi estesi, come ad esempio la messa in opera di asfalto fonoassorbente, la finestra di analisi è stata presa pari all'estensione delle fasce di pertinenza infrastrutturali);
- valori massimi degli indicatori L_{den} , L_{night} , $[ECU_{den}]_{edificio}$ e $[ECU_{den}]_{area}$;
- riduzione media dei valori degli indicatori L_{den} , L_{night} , $[ECU_{den}]_{edificio}$;
- riduzione della popolazione esposta a valori di L_{den} e L_{night} , superiore ai valori limite rispetto alla situazione ante-operam.

Si veda la tabella 15.

Tabella 15 – Identificazione degli interventi di mitigazione proposti: dimensionamento di massima, costi di massima ed effetto stimato sui ricettori più prossimi.

ASFALTO FONOASSORBENTE, cod.intervento STRD_ITD58SP304Int A1 + CONTROLLO LIMITI DI VELOCITÀ	<i>lunghezza [Km]</i>	1,75			
	<i>larghezza media della carreggiata [m]</i>	7			
	<i>velocità medie anteoperam [Km/h]</i>	60-70			
	<i>tipologia asfalto fonoassorbente (monostrato/doppio strato)</i>	monostrato			
	<i>superficie stimata [m²]</i>	12250			
	<i>costo unitario (sovrapprezzo rispetto ad asfalto compatto) [€/m²]</i>	30			
	<i>costo stimato totale [€]</i>	367500			
	<i>edifici potenzialmente interessati dall'intervento (buffer di 150 m dall'asse stradale)</i>	382			
	<i>Popolazione potenzialmente interessata dall'intervento(buffer di 150 m dall'asse stradale)</i>	1254			
		Elaborazioni sui valori calcolati in facciata agli edifici analizzati, compresi in un intorno di 150 metri dall'asse dell'infrastruttura	<i>AnteOperam</i>	<i>PostOperam</i>	<i>Differenza</i>
	<i>Livello massimo in facciata a 4 m L_{den} [dB]</i>	71,1	67,8	-3,3	
	<i>Livello massimo in facciata a 4 m L_{night} [dB]</i>	62,3	59,5	-2,8	
	<i>MA ECU_{den} area: valore massimo</i>	82,8	79,6	-3,2	
	<i>MA ECU_{den} edifici: valore massimo</i>	82,2	78,9	-3,3	
	<i>Riduzione media dell'indicatore L_{den}</i>	-	3,1		
	<i>Riduzione media dell'indicatore L_{night}</i>	-	3,7		
	<i>Riduzione media dell'indicatore ECU_{den}</i>	-	19,6		

	Riduzione del numero di esposti a valori di L_{den} superiori ai limiti	-	107 / 320		
	Riduzione del numero di esposti a valori di L_{night} superiori ai limiti	-	155 / 184		
BARRIERA FONOASSORBENTE e TERRAPIENO, cod.intervento STRD_ITD58SP304Int B1 + ASFALTO FONOASSORBENTE, cod.intervento STRD_ITD58SP304Int A1 + CONTROLLO LIMITI DI VELOCITÀ	lunghezza barriera fonoassorbente [m]	258			
	altezza barriera fonoassorbente [m]	5,5			
	superficie barriera fonoassorbente [m ²]	1419			
	costo unitario fonoassorbente [€/m ²]	300			
	costo stimato barriera fonoassorbente [€]	425700			
	lunghezza terrapieno naturale [m]	47			
	altezza terrapieno naturale [m]	4,5			
	superficie terrapieno naturale [m ²]	211,5			
	costo unitario terrapieno naturale [€/m ²]	150			
	costo stimato terrapieno naturale [€]	31725			
	edifici interessati dall'intervento	9			
	popolazione interessata dall'intervento	200			
	Elaborazioni sui valori calcolati in facciata agli edifici analizzati, compresi in un intorno di 150 metri dall'asse dell'infrastruttura		<i>AnteOperam</i>		
	Livello massimo in facciata a 4 m L_{den} [dB]	61,7			
	Livello massimo in facciata a 4 m L_{night} [dB]	53,5			
	MA ECU_{den} area: valore massimo	88,1			
	MA ECU_{den} edifici: valore massimo	85,9			
	Riduzione media dell'indicatore L_{den}	11,2	<i>PostOperam</i>	<i>Differenza</i>	
	Riduzione media dell'indicatore L_{night}	11,2	49,5	-12,2	
	Riduzione media dell'indicatore ECU_{den}	85,0	41,3	-12,2	
Riduzione del numero di esposti a valori di L_{den} superiori ai limiti	0 / 200	0,0	-88,1		
Riduzione del numero di esposti a valori di L_{night} superiori ai limiti	0 / 0	0	-85,9		

A seguito della individuazione degli interventi di mitigazione acustica, per ogni area critica esaminata viene effettuata una stima dei benefici attesi in termini di riduzione dei livelli massimi in facciata e di popolazione esposta. Si veda la tabella 16.

Tabella 16 – Caratterizzazione degli interventi di mitigazione proposti per area critica.

Identificativo dell'area critica	Descrizione arco stradale	Mappatura Acustica ("MA")						INTERVENTI PROPOSTI NEL PIANO D'AZIONE	Piano d'Azione ("PA")							
		Indicatore [ECUden] _{area} [Lden _{max}] _{edificio} in dB(A) (valore massimo sul ricettore più esposto) [Lnight _{max}] _{edificio} in dB(A) (valore massimo sul ricettore più esposto) Popolazione esposta a Lden superiore ai valori limite Popolazione esposta a Lnight superiore ai valori limite	82,8	68,9	60,6	23	29		Indicatore [ECUden] _{area} <i>confronto (Piano d'A. - Mapp. Ac.)</i>	[Lden _{max}] _{edificio} in dB(A) (valore massimo sul ricettore più esposto) <i>confronto (Piano d'A. - Mapp. Ac.)</i>	[Lnight _{max}] _{edificio} in dB(A) (valore massimo sul ricettore più esposto) <i>confronto (Piano d'A. - Mapp. Ac.)</i>	Popolazione esposta a Lden superiore ai valori limite <i>confronto (Piano d'A. - Mapp. Ac.)</i>	Popolazione esposta a Lnight superiore ai valori limite <i>confronto (Piano d'A. - Mapp. Ac.)</i>	0	-23	0
STRD_ITD58SP304_Area242	dall'inizio del tratto	81,0	70,8	62,5	9	14	79,4	-3,4	65,5	-3,4	56,4	-4,2	0	-9	9	-70
STRD_ITD58SP304_Area328	(km)	82,7	71,1	62,8	14	14	77,7	-3,3	67,4	-3,4	58,4	-4,1	0	-9	9	-70
STRD_ITD58SP304_Area350	0+000, in uscita da	81,8	68,1	59,8	9	17	79,6	-3,1	67,8	-3,3	58,8	-4,0	13	-1	14	-68
STRD_ITD58SP304_Area416	(Cesena)	84,0	70,8	62,5	24	29	78,5	-3,3	64,8	-3,3	55,8	-4,0	0	-9	0	-77
STRD_ITD58SP304_Area437	fino all'intersezione con la	81,9	68,9	60,5	19	25	80,6	-3,4	67,5	-3,3	58,4	-4,1	0	-24	6	-72
STRD_ITD58SP304_Area458	spl23						79,1	-2,8	65,6	-3,3	56,5	-4,0	0	-19	0	-78
STRD_ITD58SP304_Area438	"Provincial e Sala"	88,1	61,7	53,5	200	0		-88,1	49,5	-12,2	41,2	-12,3	200	0	0	-86
STRD_ITD58SP304_Area527	(km 1+750 circa)	81,2	69,7	61,4	1	22	77,8	-3,4	66,4	-3,3	57,3	-4,1	0	-1	0	-78

10. APPENDICE G - RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

10.1. Disposizioni legislative nazionali

- [1] Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n.194, Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale (G.U.R.I. n. 222 del 23/9/2005).
- [2] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 1 marzo 1991, Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno (G.U.R.I. n. 57 del 8/3/1991).
- [3] Legge 26 ottobre 1995, n. 447, Legge quadro sull'inquinamento acustico (Suppl. Ord. n. 125 alla G.U.R.I. n. 254 del 30/10/1995).
- [4] Decreto Ministeriale 31 ottobre 1997, Metodologia di misura del rumore aeroportuale (G.U.R.I. n. 267 del 15/11/1997).
- [5] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997, Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore (G.U.R.I. n. 280 del 1/12/1997).
- [6] Decreto Ministeriale 16 marzo 1998, Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico (G.U.R.I. n. 76 del 1/4/1998).
- [7] Decreto del Presidente della Repubblica 18 novembre 1998, 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 (G.U.R.I. n. 2 del 4/01/1999).
- [8] Decreto Ministeriale 29 Novembre 2000, Criteri per la predisposizione da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore, (G.U.R.I. n. 285 del 6/12/2000).
- [9] Decreto del Presidente della Repubblica 30 marzo 2004 , n. 142, Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447 (G.U.R.I. n. 127 del 1/6/2004).
- [10] Decreto Legislativo 17 gennaio 2005, n. 13, Attuazione della direttiva 2002/30/CE relativa all'introduzione di restrizioni operative ai fini del contenimento del rumore negli aeroporti comunitari (G.U.R.I. n. 39 del 17/2/2005).

- [11] Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, Norme in materia ambientale (G.U.R.I. n. 88 del 14/4/2006).
- [12] Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 195, Attuazione della Direttiva 2003/4/CE sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale (G.U.R.I. n. 222 del 23/9/2005).

10.2. Altri documenti nazionali

- [13] Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Specifiche tecniche per la realizzazione e la consegna della documentazione digitale relativa a: Mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/05); Piani di contenimento ed abbattimento del rumore delle infrastrutture di trasporto di interesse nazionale o di più regioni (Legge 447/95), terza bozza, 29 Marzo 2007.

10.3. Disposizioni legislative regionali

- [14] Legge Regionale Emilia-Romagna 9 maggio 2001, n. 15, Disposizioni in materia di inquinamento acustico (B.U.R. n. 62 del 11/5/2001).
- [15] Delibera della Giunta Regionale 9 ottobre 2001, n. 2053, Criteri e condizioni per la classificazione acustica nel territorio ai sensi del comma 3 dell'art. 2 della L.R. 9-5-2001, n. 15 recante 'Disposizioni in materia di inquinamento acustico' (B.U.R. n. 155 del 31/10/2001).
- [16] Delibera della Giunta Regionale 21 gennaio 2002, n. 45, Criteri per il rilascio delle autorizzazioni per particolari attività ai sensi dell'articolo 11, comma 1 della L.R. 9 maggio 2001, n. 15 recante 'Disposizioni in materia di inquinamento acustico' (Prot. n. (AMB/01/24223).
- [17] Delibera della Giunta Regionale 14 aprile 2004, n. 673, Criteri tecnici per la redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e della valutazione del clima acustico ai sensi della L.R. 9 maggio 2001, n. 15 recante Disposizioni in materia di inquinamento acustico, (Prot. n. AMB/04/24465).

10.4. Documenti dell'Unione Europea

- [18] Direttiva Europea 96/61/CE del Consiglio del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento, G.U.C.E. L 257 del 10 ottobre 1996.

- [19] Direttiva Europea 2002/30/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 marzo 2002 che istituisce norme e procedure per l'introduzione di restrizioni operative ai fini di contenimento del rumore negli aeroporti della Comunità, G.U.C.E. L 85-40 del 28 marzo 2002.
- [20] Direttiva Europea 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale (END).
- [21] Raccomandazione della Commissione Europea del 6 agosto 2003, Concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità, G.U.C.E. L 212/49-64 del 22 agosto 2003.
- [22] ECAC-CEAC, Doc. 29 - Report on standard method of computing noise contours around civil airports, 1997.
- [23] European Commission Working Group - Health and Socio-Economic Aspects, Valuation of noise, 2003.
- [24] Symonds Group, Definition, identification and preservation of urban & rural quiet areas. Final report, July 2003.
- [25] European Commission DG Environment, Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping, Final Report AR-INTERIM-CM (CONTRACT:B4-3040/2001/329750/MAR/C1), 2003.
- [26] European Commission Working Group - Health and Socio-Economic Aspects (WG-HEALTH), Position paper on *Valuation of noise*, December 2003.
- [27] European Commission Working Group - Health and Socio-Economic Aspects(WG-HEALTH), Position paper on *Dose-effect relationships for night time noise*, 11 November 2004.
- [28] European Commission Working Group - Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure (GPG), Vr. 2, 13 August 2007.
- [29] EC – DG ENV, Reporting Mechanism proposed for reporting under the Environmental Noise Directive 2002/49/EC, Overview – October 2007.
- [30] EC – DG ENV, Reporting Mechanism proposed for reporting under the Environmental Noise Directive 2002/49/EC, Handbook (including data specification) – October 2007.
- [31] European Commission Working Group - Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), Presenting Noise Mapping Information to the Public, December 2007.

- [32] European Commission Working Group - Expert Panel on Noise (EPoN), Good practice guide on noise exposure and potential health effects, EEA Technical Report n. 11/2010.

10.5. Norme tecniche

- [33] UNI 9884, Acustica - Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale.
- [34] UNI 10855, Acustica - Misura e valutazione del contributo acustico di singole sorgenti.
- [35] UNI 11160, Linee guida per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo di sistemi antirumore per infrastrutture di trasporto via terra.
- [36] UNI 11252, Acustica - Procedure di conversione dei valori di L_{Aeq} diurno e notturno e di L_{VA} nei descrittori L_{den} e L_{night} .
- [37] UNI 11296, Acustica - Linee guida per la progettazione, la selezione, l'installazione e il collaudo dei sistemi per la mitigazione ai ricettori del rumore originato da infrastrutture di trasporto.
- [38] UNI/TR 11326, Acustica - Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica - Parte 1: Concetti generali.
- [39] UNI/TS 11387, Acustica - Linee guida alla mappatura acustica e mappatura acustica strategica – Modalità di stesura delle mappe.
- [40] UNI/TR 11327, Acustica - Criteri per la predisposizione dei piani d'azione destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti.
- [41] UNI EN ISO 11819-1 Acustica - Misurazione dell'influenza delle superfici stradali sul rumore da traffico - Metodo statistico applicato al traffico passante
- [42] UNI EN ISO 3095, Applicazioni ferroviarie - Acustica - Misurazione del rumore emesso dai veicoli su rotaia.
- [43] UNI 11143-1, Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti – Parte 1: Generalità.
- [44] UNI 11143-2, Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti – Parte 2: Rumore stradale.
- [45] UNI 11143-3, Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 3: Rumore ferroviario.

- [46] UNI 11143-5, Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 5: Rumore da insediamenti produttivi (industriali e artigianali).
- [47] UNI 11143-6, Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 6: Rumore da luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo.
- [48] UNI EN 1793-1 Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica - Parte 1: Caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico.
- [49] UNI EN 1793-2 Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica - Parte 2: Caratteristiche intrinseche di isolamento acustico per via aerea.
- [50] UNI EN 1793-3 Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica - Parte 3: Spettro normalizzato del rumore da traffico.
- [51] UNI CEN/TS 1793-4 Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica - Parte 4: Caratteristiche intrinseche - Valori in situ della diffrazione sonora.
- [52] UNI CEN/TS 1793-5 Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica - Caratteristiche intrinseche - Parte 5: Valori in situ della riflessione sonora e dell'isolamento acustico per via aerea.
- [53] UNI EN 1794-1 Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Prestazioni non acustiche - Parte 1: Prestazioni meccaniche e requisiti di stabilità.
- [54] UNI EN 1794-2 Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Prestazioni non acustiche - Parte 2: Requisiti generali di sicurezza e ambientali.
- [55] UNI EN 14389-1:2008 Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Procedure di valutazione delle prestazioni a lungo termine - Parte 1: Requisiti acustici.
- [56] UNI EN 14389-2:2005 Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Procedure di valutazione delle prestazioni a lungo termine - Parte 2: Requisiti non acustici.
- [57] UNI EN 14388:2005 Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Specifiche.

- [58] UNI EN ISO 140-5 Acustica – Misurazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Misurazioni in opera dell’isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate.
- [59] UNI EN ISO 717-1 Acustica - Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Isolamento acustico per via aerea.
- [60] UNI EN 12354-1, Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti.
- [61] UNI EN 12354-2, Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico al calpestio tra ambienti.
- [62] UNI EN 12354-3, Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall’esterno per via aerea.
- [63] UNI EN ISO 11690-2, Acustica - Raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro a basso livello di rumore contenenti macchinario - Provvedimenti per il controllo del rumore.
- [64] UNI ISO 1996-1 Acustica - Descrizione, misurazione e valutazione del rumore ambientale - Parte 1: Grandezze fondamentali e metodi di valutazione.
- [65] UNI ISO 1996-2 Acustica - Descrizione, misurazione e valutazione del rumore ambientale - Parte 2: Determinazione dei livelli di rumore ambientale.
- [66] UNI ISO 14063, Gestione ambientale - Comunicazione ambientale - Linee guida ed esempi.
- [67] ISO 9613-2, Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2 - General method of calculation.

10.6. Progetti europei, report EEA

- [68] R. Nota, R. Barelds, D. van Maercke, Harmonoise WP3 Engineering method for road traffic and railway noise after validation and fine-tuning, Technical Report HAR32TR-040922-DGMR20, 20 January 2005.
- [69] P. de Vos, M. Beuving, E. Verheijen, Final technical report - Deliverable 4 of the Harmonoise project, Technical Report HAR7TR041213AEAT03, 25 February 2005.
- [70] Imagine Report, Determination of L_{den} and L_{night} using measurements, Imagine Report IMA32TR-040510-SP08, 4 January 2006.

- [71] Imagine Report , Description of the Source Database - WP7: Industrial Noise, Imagine Report IMA07TR-050418-DGMR01, Deliverable D6.
- [72] Imagine Report, Industrial noise: measurement methods - IMA07TR-050418-MBBM03 - Imagine Project.
- [73] Imagine Report, Guidelines for producing strategic noise maps on industrial sources, Imagine Report IMAWP7D14-060811-DGMR03, Deliverable D14.
- [74] EEA, CORINE Land Cover; technical guide - Addendum 2000, Technical report n. 40, 2000.
- [75] ISPRA, La realizzazione in Italia del progetto europeo Corine Land Cover 2000, Rapporto n. 36, 2005.
- [76] EEA, CLC 2006 Technical Guidelines, Technical report n. 17, 2007.
- [77] Silence Project, Practitioner handbook for local noise actions plans, <http://www.silence-ip.org>.
- [78] M. Bérengier, J. Picaut, Methods for noise control by traffic management: impact of speed reducing equipments, Silence Project, Deliverable H.R2 <http://www.silence-ip.org>.

10.7. Letteratura scientifica e tecnica

- [79] Miedema H.M., Vos H., Exposure-response relationships for transportation noise, J. Acoust. Soc. Am., **104**(6) (1998).
- [80] Sandberg U., Ejsmont J. A., Tyre/road Noise - Refence Book, INFORMEX (2002).
- [81] Gaja E., Gimenez A., Sanchi S., Reigh A., Sampling techniques for the estimation of the annual equivalent noise level under urban traffic conditions, Appl. Acoust., **64**, 43-53 (2003).
- [82] Manvell D., Software strategies in noise mapping, Proc. Inter-Noise 2003, Jeju.
- [83] Stapelfeldt H., Manvell D., Optimising uncertainty and calculation time, Proc. Forum Acusticum 2005, Budapest.
- [84] Hartog van Banda E., Stapelfeldt H., Implementing prediction standards in calculation software – The various sources of uncertainty, Proc. Forum Acusticum 2005, Budapest.
- [85] Manvell D., Hartog van Banda E., Stapelfeldt H., The Nordtest method of quality assurance of environmental noise calculation methods in software – Practical experiences, Proc. Euronoise 2006, Tampere.

- [86] Hepworth P., Trow J., Hii V., Reference settings in noise mapping software – A comparison of the speed of calculation for different software, Proc. Euronoise 2006, Tampere.
- [87] Hepworth P., Trow J., Hii V., User controlled settings in noise mapping software – The effect on calculation speed and accuracy, Proc. Euronoise 2006, Tampere.
- [88] Probst W., Noise calculation strategies, Proc. Euronoise 2006, Tampere.
- [89] Schulte-Fortkamp B., Brocks B., Bray W., Soundscape: Wahrnehmung und Wissen neuer Experten bestimmen die Vorgehensweise in der Postmoderne des Community Noise, in Lärmbekämpfung, Vol. 2 n. 6, 2007.
- [90] Semidor C., Soundscape approach as a tool for urban design. Second part: “Frequentation, use and sound environment perception in four cities in Europe: Barcelona, Bristol, Brussels and Genoa”, Silence project deliverable I.D5, 2007.
- [91] SoundPLAN user’s manual - Version 6.4, Braunstein + Berndt GmbH/SoundPLAN LLC, Backnang, 2007.
- [92] Integrated Noise Model (INM) Version 7.0 User’s Guide, FAA, Washington DC, 2008.
- [93] S. Kephelopoulos, M. Paviotti, Advancement in the development of European common noise assessment methods: where are we?, Euronoise 2009, Edinburgh, Scotland.
- [94] Clairbois, J-P., Houtave P., Establishing priorities for ground transport noise in END action plans, Proc. Inter-Noise 2009, Ottawa.
- [95] Garai M., Fattori D., Barbaresi L., Guidorzi P., “La mappa acustica strategica dell’agglomerato di Bologna ai sensi del D. Lgs. 194/05” (relazione ad invito), Atti XXXVI Convegno A.I.A. Torino, Paper S1B-1, 1-6 (2009).
- [96] Bellucci P., Borchì F., Bellomini R., Garai M., Luzzi S., Criteri tecnici e considerazioni per l’attuazione delle disposizioni comunitarie, Atti del Seminario AIA-GAA “Riflessioni e proposte per l’evoluzione della legislazione sul rumore ambientale”, Siracusa, 26 maggio 2010.

10.8. Esempi di buona pratica

- [97] Bruiparif: <http://www.bruitparif.it>
- [98] Municipalità di Munich: <http://www.muenchen.de/umweltatlas>
- [99] IVU-Umwelt GmbH: <http://www.ivu-umwelt.de>
- [100] SMILE: http://www.smile.europe.org/PDF/guidelines_noise_en.pdf

[101] Planungbüro Richter-Richard: <http://www.prr.de/index.htm>

[102] Planungbüro Richter-Richard:

http://www.norderstedt.de/static/de/8_0/8_179/8_4556/8_5359/8_5372/20205.pdf

[103] IBGE - Bruxelles Environnement: <http://www.ibgebim.be>

[104] Renova : <http://www.renova.se>