

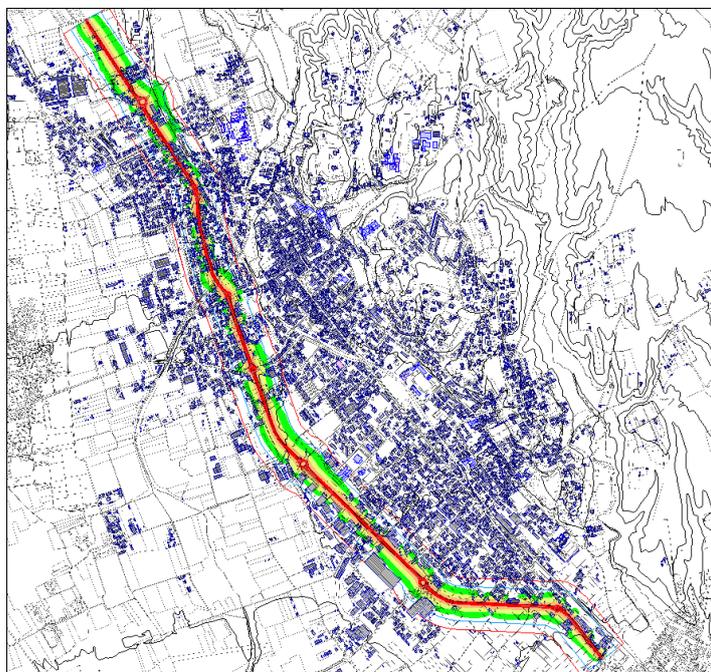


Committente

COMUNE DI TRADATE
Piazza Mazzini 6
20149 – Tradate (VA)

Progetto

Mappatura acustica, Piani di Azione e compilazione Report Mechanism



**PIANO D'AZIONE RELATIVO
ALLE STRADE CON PIU' DI 3.000.000 DI VEICOLI/ANNO**

Febbraio 2024

Relazione Tecnica



Il presente documento è stato elaborato da:

STUDIO ING. AMBROGIO BOSSI

*Via Camillo Benso Conte di Cavour, 15
21013, Gallarate (VA)*

Ne hanno curato la stesura:

BOSSI Ambrogio

(Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 2814/1999)

SERGENTI Marco

(Tecnico Competente in Acustica – Regione Lombardia – D.P.G.R. n° 556/1998)

Staff:

MAGNI Lorenzo, IRTO Davide



Sommario

Sommario.....	3
1 Introduzione generale.....	5
1.1 I Piani di Azione.....	5
1.2 Requisiti minimi dei piani d'azione (ALLEGATO 5, art. 4, comma 5).....	6
2 Descrizione degli assi stradali (lettera a) allegato 5).....	7
2.1 Caratteristiche del territorio e dell'infrastruttura.....	7
3 Autorità competente (Lettera b) allegato 5).....	9
4 Il Contesto giuridico (Lettera c) allegato 5).....	9
5 Qualsiasi valore limite in vigore ai sensi dell'Art.5 (Lettera d) allegato 5).....	13
6 Sintesi dei risultati della mappatura acustica (Lettera e) allegato 5).....	16
7 Valutazione del numero stimato di persone esposte al rumore, individuazione dei problemi e situazioni da migliorare (Lettera f) allegato 5).....	18
8 Resoconto delle consultazioni pubbliche ai sensi dell'Art. 8.....	20
(Lettera f) allegato 5).....	20
9 Misure antirumore già in atto e progetti in preparazione (Lettera h) allegato 5).....	21
10 Interventi pianificati dalle autorità per i successivi 5 anni.....	22
(Lettera i) allegato 5).....	22
11 Valutazione dell'indice di priorità.....	23
11.1 Premessa.....	23
Area A e sottoaree A _i	24
R _i e l'indice demografico statistico più aggiornato.....	24
Livelli L _i ed L* _i	24
12 La strategia di lungo termine.....	26
(Lettera l) allegato 5).....	26
13 Informazioni di carattere finanziario (Lettera m) allegato 5).....	28
14 Disposizioni per la valutazione dell'attuazione e dei risultati del piano d'azione (Lettera n) allegato 5)	
32	
15 Materiale da trasmettere (Allegato 6).....	33
16 Modellistica matematica sul rumore.....	34
16.1 Grandezze considerate ai fini dell'attenuazione acustica.....	34
16.2 Specifiche del modello matematico usato.....	36
Tecnica di ritracciamento dei raggi (<i>Raytracing</i>).....	36
Le tipologie di sorgenti.....	36
La diffrazione degli ostacoli.....	37



L'assorbimento di elementi	38
Quote di calcolo delle mappe	39
16.3 Riferimenti normativi del modello utilizzato	39
17 Accuratezza delle simulazioni	40
17.1 Stima delle incertezze dei dati di ingresso del modello	40
17.2 Stima delle incertezze dei dati di uscita del modello	40
17.3 Caratterizzazione delle incertezze associate a diverse impostazioni del modello	42
17.4 Incertezze del modello derivanti da valori usati per la validazione dello stesso	42
Elementi che intervengono nella stima delle incertezze	42
Incetnze associate ai diversi parametri	44
Calcolo delle incertezze associate alle misure	46
17.5 Stima delle incertezze delle simulazioni modellistiche	48
Consideriamo quindi i vari elementi che concorrono alla stima delle incertezze	48
18 Dati di ingresso del modello	49
18.1 Dati inerenti alle infrastrutture stradali	49
18.2 Dati inerenti al calcolo	49
18.3 Dati inerenti alle strutture edilizie e relative alla popolazione residente	49
19 Conclusioni	50
20 Bibliografia	52

ALLEGATI



1 Introduzione generale

Il presente lavoro illustra la metodologia seguita nella stesura dei piani di azione delle infrastrutture appartenenti al Comune di Tradate (VA) con più di 3.000.000 di veicoli/anno, come previsto nel Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194, "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".

1.1 I Piani di Azione

I Piani di Azione, come precisato nell'art. 2 del Decreto Legislativo n. 194 del 2005, sono i piani destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti compresi e, se necessario, le eventuali riduzioni.

Tali piani sono quindi la logica conseguenza alla Mappatura acustica (art. 3) dove una volta individuate le problematiche inerenti all'inquinamento acustico ambientale, si cercano i rimedi per migliorare la situazione.

In questo senso è evidente, ai sensi dell'Art. 4 Comma 8 del DLgs.194/05, il collegamento al Decreto Ministeriale 29.11.2000 "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". E' chiaro che la Comunità Europea deve tendere ad armonizzare le diverse normative nazionali in materia, ed è per questo che su un settore specifico e per alcune tipologie di infrastrutture, vi possano anche essere ripetizioni.

Un problema di fondamentale importanza che si pone è il dimensionamento degli interventi in funzione dei limiti acustici.

A livello nazionale i valori limite sono contenuti all'interno del Decreto del Presidente della Repubblica n. 142 del 30/03/04 "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", ed utilizzano, quale parametro di riferimento, il valore di livello equivalente pesato A per i due periodi di riferimento (diurno 06.00-22.00 e notturno 22.00-06.00). Tali parametri, inoltre, sono relativi ad un periodo settimanale, come previsto nel D.M. 16/3/98 "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico".

I parametri acustici presi come riferimento sono i seguenti:

- L_{den} (livello giorno-sera-notte);
- L_{day} (livello giorno, dalle 06.00 alle 22.00);
- $L_{evening}$ (livello sera, dalle 20.00 alle 22.00);
- L_{night} (livello notte, dalle 22.00 alle 06.00)

Complessivamente questi descrittori acustici sono volti alla quantificazione del disturbo legato all'esposizione al rumore. L_{night} , in particolare, è legato alla valutazione dei disturbi del sonno. Tuttavia non vi sono dei limiti specifici per valutare superamenti e conseguenti interventi di mitigazione del rumore.



Per potere eseguire questa valutazione si passa ai limiti adottati dalla legislazione nazionale che, nel caso dell'Italia, adotta il LeqA diurno (06.00-22.00) ed il LeqA notturno (22.00-06.00), con riferimento ai valori di immissione. Di conseguenza viene eseguito un nuovo calcolo in relazione a questi limiti per poter valutare e dimensionare gli eventuali interventi di mitigazione del rumore.

Considerando la tipologia dell'infrastruttura e la loro peculiarità la situazione non è così problematica: si è riscontrato che per questo tipo di sorgenti il Leq notturno differisce da quello diurno per valori compresi tra 3 e 7 dBA, mentre la differenza tra il limite diurno e quello notturno risulta essere pari a 10 dBA. Ne consegue che la situazione acusticamente più critica è quella notturna e il dimensionamento degli interventi viene fatto al fine di garantire la compatibilità acustica nello scenario più critico.

Anche per i descrittori acustici indicati dalla Comunità Europea vale questo principio, ed essendo il valore di L_{night} uguale all'attuale livello equivalente notturno in quanto la fascia temporale analizzata (22.00-06.00) è la stessa.

1.2 Requisiti minimi dei piani d'azione (ALLEGATO 5, art. 4, comma 5)

Per quel che riguarda l'infrastruttura in esame i piani d'azione devono comprendere almeno i seguenti elementi:

Elementi contenuti in questa relazione estratti dal punto 1 del Decreto:

- 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'autorità competente;
- c) il contesto giuridico;
- d) qualsiasi valore limite in vigore ai sensi dell'art. 5;
- 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 ai sensi dell'Art.8
- h) le 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;
- l) la strategia di lungo termine;
- m) le informazioni di carattere finanziario, ove disponibili: fondi stanziati, analisi costi- efficacia e costi-benefici;
- n) disposizioni per la valutazione dell'attuazione e dei risultati del piano d'azione.

I piani d'azione devono comprendere stime in termini di riduzione del numero di persone esposte.



2 Descrizione degli assi stradali (lettera a) allegato 5)

2.1 Caratteristiche del territorio e dell'infrastruttura

Il Comune di Tradate (VA) è caratterizzato da un'unica infrastruttura con flusso veicolare maggiore di 3.000.000 di veicoli all'anno. Tale infrastruttura è la SPExSS233 Varesina, che lo attraversa per tutta la sua estensione da Nord a Sud.

LaSPExSS233 Varesina (RD_IT_0138_001)

L'ex strada statale 233 Varesina (SS 233), ora strada provinciale ex strada statale 233 Varesina (SP ex SS 233) nella città metropolitana di Milano ed in provincia di Como e strada provinciale 233 Varesina (SP 233) in parte della provincia di Varese, è una strada provinciale italiana.

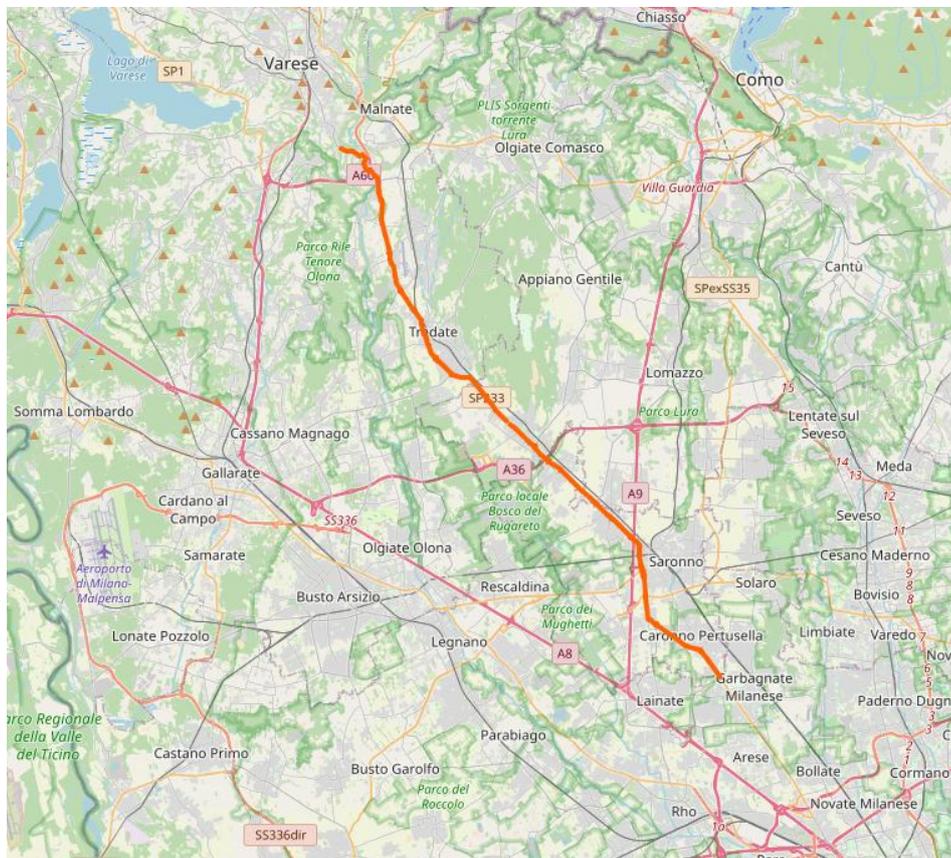


Figura 1 – Estensione totale della SPExSS233

La strada statale 233 venne istituita nel 1959 con il seguente percorso: Milano - Saronno - Tradate - Varese - Valganna - Confine Svizzero di Ponte Tresa.



In seguito al decreto legislativo n. 112 del 1998, dal 2001 la gestione del tratto dal km 0,000 (Milano) al km 49,200 (Varese) è passata dall'ANAS alla Regione Lombardia, che ha provveduto al trasferimento dell'infrastruttura al demanio della città metropolitana di Milano (ex provincia), della provincia di Varese e della provincia di Como per le tratte territorialmente competenti. La tratta Varese - Lavena Ponte Tresa, in uscita dall'abitato di Varese, è gestita dalla provincia di Varese ed ha un traffico veicolare annuale medio di 8.333.315.

Ha inizio a Milano, come continuazione verso nord di via Giovanni Battista Grassi; prosegue in direzione nord ovest attraversando vari comuni del circondario milanese quali Baranzate, Bollate, Arese e Garbagnate Milanese. Prosegue sul confine tra la provincia di Varese e la provincia di Como, attraversando i comuni di Caronno Pertusella, Origgio, Saronno, Gerenzano, Turate, Cislago, Mozzate, Carbonate, Locate Varesino, Tradate, Venegono Inferiore, Castiglione Olona e Vedano Olona, giunta in località Ponte di Vedano. Svincola con la SP57 per Gazzada Schianno con la SP3 e con la tangenziale di Varese (quest'ultima rappresenta il collegamento diretto fra i due tronconi), prosegue verso la "Marcollina" per terminare a Varese in viale Luigi Borri. Quest'ultimo tratto, a partire da Bizzozero, fra il 1907 e il 1950 ospitava sul lato sinistro provenendo dal capoluogo il binario della rete tranviaria di Varese.

È una strada di grande comunicazione in ambito regionale, ma il traffico non è scorrevole specialmente nella tratta da Milano a Varese, a causa dell'unica corsia disponibile per ciascun senso di marcia e per l'attraversamento di numerosi comuni sprovvisti di un percorso in variante (ad eccezione di Saronno e Tradate); il limite di velocità è in questa tratta quasi sempre posto a 50 km/h. Più scorrevole invece è la tratta da Varese al confine svizzero, con diversi tratti rettilinei extraurbani (anche se recentemente, per questioni di sicurezza, il limite è stato ridotto da 90 km/h a 70 km/h).



3 Autorità competente (Lettera b) allegato 5)

In base all'art.4 del D. Lgs. 194/05 il Comune di Tradate (VA) in quanto gestore di infrastrutture di trasporto principali si definisce come autorità competente all'elaborazione e alla trasmissione alla Regione dei piani d'azione e delle sintesi di cui all'allegato 6 del decreto.

I codici identificativi assegnati al Comune di Tradate dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio sono indicati di seguito:

Codice Identificativo	Gestore
0138	Comune di Tradate

Gestore	Id tratta stradale	ID Autorità Competente Mappatura e Piani di Azione
Comune di Tradate	RD_IT_0138_001	CA_IT_RD_0138

Si riportano i dati relativi alla sede del Comune di Tradate, i nominativi di riferimento e relativi contatti, il sito su cui saranno pubblicate mappature e piani di azione:

Indirizzo: Piazza Mazzini, 6 – cap 21049

Telefono: 0331 826811

Referente: Ufficio tecnico: tecnico@comune.tradate.va.it

Sito: <https://comune.tradate.va.it/>

4 Il Contesto giuridico (Lettera c) allegato 5)

Il presente piano d'azione è redatto ai sensi della Direttiva Europea 2002/49/CE, del D.Lgs 194/2005 e della Legge 447/1995. Per la stesura sono state seguite le indicazioni riportate nel documento del Ministero del MAATM "Linee Guida per la predisposizione e consegna della documentazione relativa ai piani di azione (D. Lgs. 194/05) Aggiornamento 2018", poiché non sono state ancora pubblicate le linee guida aggiornate.

Si evidenziano nel seguito ed in ordine cronologico anche gli ulteriori documenti che contribuiscono a formare il quadro normativo nazionale in tema di acustica ambientale a cui, nel presente documento, si fa specifico riferimento.

DPCM 1/3/1991

Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 1 Marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" si propone di stabilire "limiti di accettabilità di livelli di rumore validi su tutto il territorio nazionale, quali misure immediate ed urgenti di salvaguardia della qualità ambientale e della esposizione urbana al rumore, in attesa dell'approvazione dei decreti attuativi della Legge Quadro in materia di tutela dell'ambiente dall'inquinamento acustico, che fissi i limiti adeguati al progresso tecnologico ed alle esigenze emerse in sede di applicazione del presente decreto".

I limiti ammissibili in ambiente esterno sono stabiliti sulla base del piano di zonizzazione acustica redatto dai Comuni che, sulla base di indicatori di natura urbanistica (come ad esempio la densità di



popolazione, la presenza di attività produttive oppure la presenza di infrastrutture di trasporto) suddividono il proprio territorio in zone diversamente “sensibili”.

A tali zone sono associati valori di livello di rumore, limite diurno e notturno, espressi in termini di livello equivalente continuo misurato con curva di ponderazione A (LeqA), corretto per tenere conto della eventuale presenza di componenti impulsive o componenti tonali.

Legge 447 del 26/10/1995: “Legge quadro sull’inquinamento acustico”

Stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico. Sono riportate le corrette definizioni dei principali parametri utilizzati in materia, quali le sorgenti sonore, i valori limite di emissione, di immissione, di attenzione e di qualità e la figura del tecnico competente in acustica. Sono poi definiti i ruoli di competenza dei vari enti responsabili le modalità di realizzazione dei Piani di Risanamento Acustici.

DPCM 14/11/1997: “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”

Il DPCM del 14/11/1997 “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 280 del 1/12/1997, in attuazione alla Legge Quadro sul rumore (Art. 3 Comma 1, lettera a), definisce per ogni classe di destinazione d'uso del territorio i seguenti valori:

- Valori limite di emissione
- Valori limite di immissione
- Valori di attenzione
- Valori di qualità

Per ogni classe di destinazione d'uso del territorio vengono individuati i valori limite di immissione (riportati nella tabella al decreto ed allegata nella presente relazione ai capitoli successivi) cioè il valore massimo assoluto di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente esterno, misurato in prossimità del ricettore.

Nel caso di infrastrutture stradali, ferroviarie, marittime, aeroportuali e di tutte le altre sorgenti regolate da Regolamenti di Esecuzione di cui all'Art. 11 della 447/95, i limiti non si applicano all'interno delle rispettive fasce di pertinenza.

All'esterno delle fasce di rispetto tali sorgenti concorrono viceversa al raggiungimento dei limiti assoluti di rumore.

DMA 16/3/1998: “Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico”

Definisce i requisiti delle strumentazioni utilizzate per le misure, quali i fonometri, i filtri, i microfoni e gli strumenti di calibrazione.

Nell'Allegato A al DMA sono riportate delle definizioni di alcune espressioni e grandezze utilizzate in acustica, mentre gli Allegati B, C e D contengono rispettivamente: i criteri e le modalità di esecuzione delle misure del rumore in genere, i criteri e le modalità di esecuzione delle misure del rumore stradale e ferroviario e le modalità di presentazione dei risultati.



DMA 29/11/2000: “Criteri per la predisposizione dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore”

Il decreto emanato dal Ministero dell’Ambiente, previsto dall’articolo 10, comma 5 della Legge Quadro, stabilisce che gli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture stradali hanno l’obbligo di:

- individuare le aree in cui per effetto delle infrastrutture stesse si abbia superamento dei limiti di emissione;
 - determinare il contributo specifico delle infrastrutture al superamento dei limiti suddetti;
 - presentare al Comune, alla Regione o all’autorità competente da essa indicata il piano di contenimento e abbattimento del rumore prodotto dall’esercizio delle infrastrutture.
- I contenuti essenziali del piano di risanamento consisteranno nella:
- individuazione degli interventi e relative modalità di esecuzione,
 - indicazione delle eventuali altre infrastrutture di trasporto concorrenti all’immissione nelle aree in cui si abbia il superamento dei limiti;
 - indicazione dei tempi di esecuzione e dei costi previsti per ciascun intervento;
 - motivazioni per eventuali interventi sui ricettori.

Le attività di risanamento devono conseguire il rispetto dei valori limite di rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto stabiliti dai regolamenti di esecuzione di cui all’art.11 della Legge Quadro. Nelle aree in cui si sovrappongono più fasce di pertinenza il rumore non deve superare complessivamente il fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture.

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

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

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

DPR 19/3/2004, attuativo della legge quadro: “Rumore prodotto da infrastrutture stradali”

Il DPR individua l’ampiezza delle fasce di pertinenza dei vari tipi di strade, attenendosi alla classificazione del Codice della Strada; per ciascun tipo di strada stabilisce inoltre i limiti di pressione sonora ammissibili all’interno delle fasce di pertinenza stesse. Vengono distinte infrastrutture stradali di nuova realizzazione ed esistenti o assimilabili.

DLgs n. 194 del 19/08/2005 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale"

La direttiva 2002/49/CE (END), recepita in Italia con il Decreto Legislativo 194/05, ha come obiettivi (Articolo 1):



- la determinazione dell'esposizione al rumore ambientale, attraverso l'utilizzo di mappe strategiche definite a livello comunitario;
- assicurare l'informazione e la partecipazione del pubblico in merito al rumore ambientale e ai relativi effetti;
- l'elaborazione e l'adozione di piani di azione, definiti sulla base dei risultati della mappatura acustica, volti ad evitare, prevenire o ridurre l'esposizione al rumore ambientale.

Oggetto del D.lgs n. 194/05 è il rumore generato dalle infrastrutture stradali, ferroviarie, dagli aeroporti e dalle attività industriali.

L'Articolo 3 del Decreto, prescrive le scadenze da rispettare per la mappatura acustica e le mappe acustiche strategiche, e prevede che, entro il 30 giugno 2017, l'autorità individuata da ogni Regione o Provincia autonoma debba elaborare una mappatura acustica degli agglomerati urbani con più di 100 mila abitanti, mentre le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture debbano provvedere alla realizzazione della mappatura acustica degli assi stradali su cui transitano più di 3 milioni di veicoli l'anno, quella delle linee ferroviarie su cui passano più di 60 mila convogli l'anno e degli aeroporti principali.

Le mappe devono essere aggiornate ogni cinque anni e servono a predisporre particolari e mirate misure di riduzione del rumore definiti come Piani d'Azione (Art.4).

Negli Articoli 5 e 6 e Allegati 1 e 2, vengono definiti i descrittori acustici da utilizzare e vengono fornite indicazioni in merito alla loro determinazione nel caso di calcolo / rilevamento / misurazione ai fini della mappatura acustica; agli Allegati 4 e 5, vengono invece sintetizzati i requisiti minimi per la mappatura acustica e per i piani d'azione; in particolare, nell'allegato 4 oltre a fornire indicazioni sul campo di impiego dei dati da trasmettere alla Commissione, viene indicato, nel punto 5 dell'articolo, il riferimento ai dati da trasmettere alla stessa Commissione contenuti nei punti 2.5, 2.6 e 2.7 dell'Allegato 6.

Infine, quindi, l'Allegato 6 stabilisce i dati da trasmettere alla Commissione, per gli agglomerati (punto 1) e per gli assi stradali, ferroviari e aeroporti principali (punto 2).



5 Qualsiasi valore limite in vigore ai sensi dell'Art.5 (Lettera d) allegato 5)

Ai fini dell'elaborazione dei Piani di azione si fa riferimento all'articolo 5 del D.Lgs 194/05 dove, al comma 1, si indicano i descrittori acustici Lden ed Lnight calcolati secondo quanto stabilito all'allegato 1 del medesimo decreto.

Rispetto a tali descrittori, per quanto concerne i valori limite di riferimento acustico, si richiama il comma 2 del suddetto articolo in cui si indicano i termini con cui definire, mediante apposito decreto, i criteri e gli algoritmi per la conversione dei valori limite previsti all'articolo 2 della legge n. 447/1995. Ma, ad oggi, non essendo stati ancora emanati i decreti che definiscano i valori limite e/o i criteri di conversione sopra richiamati, ai sensi dell'articolo 5, comma 4, del DLgs 194/05 si considerano esclusivamente i descrittori acustici ed i relativi valori limite determinati in base all'articolo 3 della legge 447 del 1995.

In particolare, dall'analisi della normativa in vigore riportata nel precedente paragrafo, per infrastrutture esistenti i limiti acustici di riferimento sono così definiti:

- all'interno delle fasce di pertinenza acustica, dalla tabella 2 dell'allegato 1 al DPR 142/2004 (cfr. tabella seguente);
- all'esterno delle fasce di pertinenza, dalla zonizzazione acustica (cfr. tabella 3 seguente);
- in presenza di altre infrastrutture di pari importanza (infrastrutture concorsuali) dal DMA del 29/11/2000.

Nella tabella seguente D.P.R. 30/3/2004 n. 142 - Allegato 1 - Tabella 1) sono riportati i valori limite da applicare entro le relative fasce di pertinenza per infrastrutture stradali di nuova realizzazione.

Tipo di strada (codice della strada)	Sottotipi ai fini acustici (secondo D.M. 5.11.01 – Norme funz. E geom. Per la costruzione delle strade)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica	Scuole, Ospedali, Case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A – Autostrada		250 m	50	40	65	55
B – Extraurbana principale		250 m	50	40	65	55
C – Extraurbana secondaria	C1	250 m	50	40	65	55
	C2	150 m	50	40	65	55
D – Urbana di scorrimento		100 m	50	40	65	55
E – Urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al DPCM 14/11/97, e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane così prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della Legge Quadro n. 447 del 26/10/95.			
F - Locale		30				

*per le scuole vale solo il limite diurno

Tabella 1 – Limiti acustici di cui al D.P.R. 30/3/2004, allegato 1, tabella 1 (strade di nuova realizzazione)



Nella tabella seguente (D.P.R. 30/3/2004 n. 142 - Allegato 1 - Tabella 2) sono invece riportati i valori limite da applicare entro le fasce di pertinenza per infrastrutture stradali esistenti.

Tipo di strada (codice della strada)	Sottotipi ai fini acustici (secondo norme CNR1980 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica	Scuole, Ospedali, Case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
A - Autostrada		100 m (fascia A)	50	40	70	60
		150 m (fascia B)	50	40	65	55
B – Extraurbana principale		100 m (fascia A)	50	40	70	60
		150 m (fascia B)	50	40	65	55
C – Extraurbana secondaria	C a (strade a carreggiate separate)	100 m (fascia A)	50	40	70	60
		150 m (fascia B)	50	40	65	55
	C b (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 m (fascia A)	50	40	70	60
		50 m (fascia B)	50	40	65	55
D – Urbana di scorrimento	D a (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100 m	50	40	70	60
	D b (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100 m	50	40	65	55
E – Urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al DPCM 14/11/97, e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane così prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della Legge Quadro n. 447 del 26/10/95.			
F - Locale		30				

* per le scuole vale il solo limite diurno

Tabella 2 – Limiti acustici di cui al D.P.R. 30/3/2004, allegato 1, tabella 2 (strade esistenti e assimilabili)



Classe di destinazione d'uso del territorio	Periodo diurno (6-22)	Periodo notturno (22-6)
Classe I - Aree particolarmente protette	50 dBA	40 dBA
Classe II - Aree destinate ad uso residenziale	55 dBA	45 dBA
Classe III - Aree di tipo misto	60 dBA	50 dBA
Classe IV - Aree di intensa attività umana	65 dBA	55 dBA
Classe V - Aree prevalentemente industriali	70 dBA	60 dBA
Classe VI - Aree esclusivamente industriali	70 dBA	70 dBA

Tabella 3 – Tabella dei limiti massimi di immissione per le diverse aree (D.P.C.M. 14/11/97) per Comuni con Classificazione Acustica

Per quanto riguarda l'intersezione con strutture ferroviarie:

Fascia	Descrizione ampiezza Fascia	Periodo diurno (6:00-22:00)	Periodo notturno (22:00-6:00)
Fascia A	100 m dalla mezzeria del binario più esterno	70 dBA	60 dBA
Fascia B	250 m dalla mezzeria del binario più esterno	65 dBA	55 dBA

Tabella 4 – Tabella limiti massimi di immissione per le fasce di pertinenza ferroviarie

Per i comuni non provvisti di zonizzazione acustica:

Classe di destinazione d'uso del territorio	Periodo diurno (6-22)	Periodo notturno (22-6)
Territorio nazionale	70 dBA	60 dBA
Zona urbanistica A	65 dBA	55 dBA
Zona urbanistica B	60 dBA	50 dBA
Zona esclusivamente industriale	70 dBA	70 dBA

Tabella 5 – Tabella limiti di immissione di rumore (D.P.C.M. 1/3/91) per Comuni senza Classificazione Acustica



6 Sintesi dei risultati della mappatura acustica (Lettera e) allegato 5)

La mappatura acustica ha fatto riferimento alla situazione di rumore esistente in funzione dei due descrittori acustici Lden ed Lnight, così come richiesto all'Allegato 4, punto 1, lettera a del D.Lgs. 194 del 19/08/2005.

Le mappe acustiche, in relazione ai dati da trasmettere alla Commissione, sono state redatte nel rispetto dei requisiti minimi richiesti all'Allegato 4, punto 5 e che figurano all'Allegato 6 punti 2.5, 2.6 e 2.7, compilando il format che la Comunità Europea ha fornito al Ministero dell'Ambiente (questionario della Direttiva 2002/49/CE). I dati riportati comprendono:

- il metodo di calcolo utilizzato (All.6 punto 2.4);
- il numero stimato, arrotondato al centinaio, di persone che vivono in abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli Lden in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75 (All.6 punto 2.5)
- il numero stimato, arrotondato al centinaio, di persone che vivono in abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli Lnight in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70 (All.6 punto 2.6)
- la superficie totale, in km², esposta a livelli di Lden rispettivamente superiori a 55, 65 e 75 dB. Viene fornito il numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di abitazioni e il numero totale stimato di persone, presenti in ciascuna zona. Le cifre includono gli agglomerati (All.6 punto 2.7).



Riportiamo una sintesi dei dati di esposizione ai livelli di rumore per quanto riguarda i descrittori L_{den} ed L_{night} .

SPexSS233 Varesina

		POPOLAZIONE ESPOSTA	EDIFICI ABITATIVI	SCUOLE	OSPEDALI
Lden	55-59	2411	147	2	0
	60-64	340	103	0	0
	65-69	377	97	0	0
	70-74	415	76	0	0
	>75	32	7	0	0
Lnight	50-54	413	128	0	0
	55-59	403	109	0	0
	60-64	425	90	0	0
	65-69	170	30	0	0
	>70	0	0	0	0

SORGENTE	Superficie esposta ai livelli di Lden (Kmq)				
	55-59	60-64	65-69	70-74	>75
SPexSS233 Varesina	0.22	0.16	0.15	0.11	0.02

SORGENTE	Superficie esposta ai livelli di Lnight (Kmq)				
	50-55	55-59	60-64	65-69	>70
SPexSS233 Varesina	0.18	0.16	0.12	0.07	0.00



7 Valutazione del numero stimato di persone esposte al rumore, individuazione dei problemi e situazioni da migliorare (Lettera f) allegato 5)

La mappatura acustica ha evidenziato il numero della popolazione coinvolta dal rumore indotto dal complesso di sorgenti attive in ambito comunale e contemplate nel Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194, all'interno di range acustici definiti sulla base del decreto stesso, così come evidenziato nel precedente paragrafo.

L'esposizione della popolazione a situazioni di criticità, invece, è definibile attraverso la verifica negativa dei livelli di rumore rispetto a dei limiti di riferimento che, per il caso in esame e nei termini indicati nell'articolo 5, comma 2 del decreto 194/2005, ancora non sono stati emanati; pertanto sulla base del comma 4 dello stesso articolo, si utilizzano i descrittori acustici ed i relativi valori limite determinati ai sensi dell'articolo 3 della legge n. 447 del 1995.

A tale proposito si ritiene che la normativa italiana con i relativi limiti fornisca un adeguato metodo per la valutazione delle persone esposte ai sensi dei punti 1.f) e 3 dell'allegato 5 al D. Lgs 194/05, nonché per la valutazione degli effetti nocivi di cui all'allegato 3 del medesimo D.Lgs.

Il rumore è causa di danno (ipoacusia, sordità) e da qui la crescente attenzione al problema, prestato da tecnici e legislatori, volta alla prevenzione e alla bonifica delle situazioni inquinanti.

Gli effetti nocivi che i rumori possono causare sull'uomo dipendono da tre fattori: intensità del rumore, frequenza del rumore e durata nel tempo dell'esposizione al rumore.

Questi effetti possono esser distinti in:

Effetti uditivi: vanno ad incidere negativamente a carico dell'organo dell'udito provocando all'inizio fischi e ronzii alle orecchie con una iniziale transitoria riduzione della capacità uditiva e successiva sordità, che in genere è bilaterale e simmetrica. Il rumore agisce sull'orecchio umano causando secondo la natura e l'intensità della stimolazione sonora:

- uno stato di sordità temporanea con recupero della sensibilità dopo riposo notturno in ambiente silenzioso;
- uno stato di fatica con persistenza della riduzione della sensibilità e disturbi nell'udibilità della voce di conversazione per circa 10 giorni;
- uno stato di sordità da trauma acustico cronico con riduzione dell'intelligibilità del 50%.

Effetti extrauditivi: insonnia, facile irritabilità, diminuzione della capacità di concentrazione sino a giungere ad una sindrome ansioso-depressiva, aumento della pressione arteriosa, difficoltà digestiva, gastriti od ulcere, alterazioni tiroidee, ecc.

Pertanto, se in relazione allo studio acustico ai sensi del DM 29/11/2000 (strumento attuativo della legge 447/95 sopra richiamata), emergono alcune situazioni non in linea con le indicazioni normative vigenti e necessarie di interventi di mitigazione mirati a risolvere tali problematiche, tali interventi sono stimati necessari per tutte le aree individuate.

Per la stima delle persone interessate dagli interventi di mitigazione è stato necessario attribuire il numero esatto di residenti ad ogni singolo edificio.



Per realizzare questa attribuzione in modo esatto bisognerebbe conoscere la disposizione delle singole unità abitative all'interno di ogni edificio e la distribuzione dei residenti al loro interno. Partendo da queste informazioni, sarebbe possibile differenziare il livello dell'esposizione a cui sono soggetti gli abitanti degli appartamenti collocati dietro la facciata più esposta da quello degli abitanti degli appartamenti più interni che beneficiano della schermatura dell'edificio stesso.

Un livello d'informazione così dettagliato è estremamente difficile da ottenere, sia per l'elevato numero d'edifici da indagare, sia per le difficoltà che si incontrano nel ricercare informazioni private presso la popolazione. Sulla base di queste considerazioni, tra i differenti approcci possibili si è deciso d'adottare un metodo che ha il pregio di essere applicabile in modo uniforme a tutti i comuni della Regione e di basarsi su informazioni omogenee, aggiornate e facilmente reperibili. Il metodo scelto calcola la distribuzione spaziale della popolazione a scala comunale.

Da queste premesse, si sono ricavati, quindi, i dati di confronto per valutare se esistono aree esposte a valori superiori ai limiti normativi.

Ricapitolando le informazioni ottenute, per le aree individuate lungo i tratti stradali in esame, si riporta nella seguente tabella la ripartizione di tali dati in relazione ai superamenti dei limiti.

Strada	Attuale fuori dai limiti		Limiti lungo il tratto
	Persone	Edifici	
RD_IT_0138_001 SP exSS233 Varesina	2762	125	Fascia A 70/60 dB(A) - Fascia B 65/55 dB(A)

Tabella 6 – Tabella superamenti nello stato attuale

I dati riportati in tabella sono quelli relativi allo scenario notturno, in quanto acusticamente più sfavorevole rispetto allo scenario diurno.



8 Resoconto delle consultazioni pubbliche ai sensi dell'Art. 8 (Lettera f) allegato 5)

Da aggiornare successivamente alla pubblicazione del piano di azione, al fine di raccogliere eventuali osservazioni.



9 Misure antirumore già in atto e progetti in preparazione (Lettera h) allegato 5)

Ad oggi non esistono barriere antirumore o altri interventi di mitigazione acustica lungo la EX SS233 nel tratto che attraversa Tradate. I progetti in preparazione a seguito della valutazione effettuata nei presenti Piani di Azione sono illustrati nel capitolo 10.



10 Interventi pianificati dalle autorità per i successivi 5 anni (Lettera i) allegato 5)

Gli interventi proposti nel presente Piano d'Azione riguardano l'uso di sistemi per il controllo della velocità.

DISSUASORI ELETTRONICI DELLA VELOCITA'

I pannelli dissuasori di velocità permettono agli utenti della strada di essere consapevoli del loro eventuale eccesso di velocità. Questi dispositivi preventivi ed educativi hanno un impatto molto maggiore di un segnale stradale statico.

Il pannello dissuasore indica la velocità degli automobilisti. Di solito viene posizionato all'ingresso di una città o di un villaggio, intorno a un cantiere o vicino a una scuola. Alcuni studi hanno dimostrato che questi segnali hanno ridotto la velocità in media del 20-30%. Un pannello dissuasore ha un impatto maggiore rispetto a un pannello stradale statico, che si limita a indicare il limite massimo di velocità. Leggendo la velocità in tempo reale, l'utente può rendersene conto più facilmente e adattare la propria guida.

Il pannello è in grado di comunicare agli automobilisti la loro velocità da una distanza compresa tra 120 e 200 metri. Questo permette loro di vedere il pannello dissuasore di velocità abbastanza rapidamente. Così facendo, potranno moderare l'andatura per evitare di accelerare.

A differenza degli autovelox mobili, lo scopo di un pannello dissuasore di velocità non è quello di sanzionare l'automobilista. Al contrario, il suo scopo principale è quello di renderlo consapevole del suo eccesso e della sua violazione del codice della strada. Grazie al display dinamico, ogni conducente vede semplicemente la sua velocità visualizzata in rosso o in verde a seconda della velocità massima consentita e della velocità a cui sta guidando. Un semplice messaggio come "troppo veloce" o "pericolo", oltre al codice colore, indicherà al conducente che ha superato la velocità. Moderando la velocità, il conducente vede il display diventare verde. Pertanto, in caso di eccesso di velocità, il conducente non riceverà una multa o una detrazione di punti.



Esempio di dissuasore di velocità



11 Valutazione dell'indice di priorità

11.1 Premessa

L'ordine di priorità degli interventi di mitigazione e risanamento è stabilito ed individuato dal DMA 29/11/00 che infatti stabilisce all'allegato 1 la procedura di calcolo per l'individuazione di un valore numerico dell'indice di priorità.

Nel caso di più infrastrutture concorrenti al superamento dei limiti, gli Enti di controllo terranno conto dell'esigenza d'esecuzione congiunta degli interventi in sede di definizione dell'ordine di priorità.

L'indice di priorità P definito dal decreto è dato da:

$$P = \sum R_i (L_i - L^*_i) \quad (I)$$

per $(L_i - L^*_i) < 0$ si pone $(L_i - L^*_i) = 0$

R_i è un valore numerico così individuato: (verificare tutte le formattazioni. Qui vedo un pallino nero con dentro il numero 10)

- per gli ospedali, case di cura e di riposo è pari a 4 volte N_{pi} (totalità posti letto)
- per le scuole è pari a 3 volte N_a (totalità degli alunni)
- per gli altri ricettori è dato dal prodotto della superficie della sottoarea A_i per l'indice demografico statistico più aggiornato

Si specifica che:

come area A è intesa l'intera area acusticamente mappata in relazione ad ogni singola strada, ovvero l'area su cui si manifesta l'influenza di ogni singola strada

come sottoaree A_i si intendono parti di area A alle quali abbinare un valore di esposizione al rumore per poterlo confrontare con i limiti; in base al grado di dettaglio dello studio, le aree A_i possono comprendere più edifici, fino ad arrivare a coincidere con un unico edificio; nel caso in esame, l'area A_i coincide con il singolo edificio.

L_i è il livello continuo equivalente di pressione sonora nel periodo di riferimento, approssimato all'unità e determinato in conformità ai decreti applicativi della legge 447/1995. Tale valore è riferito alla sottoarea A_i ed è ottenuto attribuendo ad ogni singolo edificio il valore valutato nel punto di maggiore criticità della facciata più esposta, tenendo conto che la variabilità del livello L_i all'interno di A_i deve essere non superiore a 3 dB(A). Il valore da inserire nella formula (I) è il valore centrale dell'intervallo.

L^*_i è il valore limite di immissione del rumore per la sottoarea A_i è così individuato:

- a) pari al valore limite della zonizzazione acustica comunale se la sottoarea A_i è esterna alle fasce di pertinenza;



- b) pari al valore limite della fascia di pertinenza se la sottoarea A_i è interna alle fasce di pertinenza;
- c) pari al maggiore fra i valori limite di immissione previsti per le singole infrastrutture se la sottoarea A_i è interna ad una zona di sovrapposizione di due o più fasce di pertinenza;

L'indice di priorità all'interno dell'area A si otterrà in definitiva come conseguenza delle seguenti operazioni:

- la suddivisione dell'area A in sottoaree A_i
- l'individuazione dei valori limite di immissione per le singole sottoaree A_i
- la definizione dei valori numerici R_i per ciascuna sottoarea A_i
- determinazione, tramite i decreti applicativi della legge 447/1995 del livello continuo equivalente di pressione sonora L_{Aeq} , per la sottoarea A_i

Sui concetti, procedure e modalità indicati e previsti nell'allegato 1 del DMA 29/11/2000 e sopra richiamati, è necessario effettuare alcune puntualizzazioni.

Area A e sottoaree A_i

L'area A è l'area di studio definita ai paragrafi precedenti.

Per la individuazione delle sottoaree A_i di cui è composta l'area A , oltre agli strumenti sopra richiamati, sono state utilizzate le indicazioni contenute nel piano di zonizzazione comunale e nel piano regolatore generale.

Il limite inferiore di una sottoarea A_i è un edificio e ciò in conformità al metodo stabilito dall'allegato 1 per determinare il livello continuo equivalente di pressione sonora nel periodo di riferimento L_i . Dunque una sottoarea può coincidere con uno o più edifici.

R_i e l'indice demografico statistico più aggiornato

Come pare evidente R_i è un valore che rappresenta un numero equivalente di persone soggette all'inquinamento prodotto dal rumore dell'infrastruttura.

Pertanto per i ricettori sensibili quali scuole e ospedali, tale valore è quello "reale" amplificato, mentre per gli altri ricettori è determinato in base a dati statistici.

In particolare l'indice demografico statistico più aggiornato indicato nell'allegato del decreto ministeriale potrebbe essere variamente interpretato.

Infatti esistono indici demografici su scala nazionale, regionale, provinciale, comunale.

Sono stati adottati gli indici relativi ai metri quadri per persona forniti dai Comuni, ricavando di conseguenza per ogni piano di ogni edificio il numero di occupanti.

I dati per scuole e case di riposo, sono stati ottenuti sempre tramite richiesta ai Comuni e, in qualche caso, direttamente agli interessati.

Livelli L_i ed L^*_i

L_i è il livello continuo equivalente nel periodo di riferimento mentre L^*_i è valore limite di immissione del rumore.



Per ogni edificio viene utilizzato il valore valutato nel punto di maggiore criticità della facciata più esposta.

Nel caso del Comune di Tradate, dovendo condurre l'analisi su un unico tratto stradale e non avendo a che fare con superamenti dei limiti sui ricettori sensibili non è stato calcolato alcun indice di priorità.



12 La strategia di lungo termine

(Lettera I) allegato 5)

La pianificazione degli interventi di mitigazione antirumore è espressa dalle risultanze del Piano di Risanamento Acustico ai sensi del DM 29/11/2000, all'interno del quale è riportato un elenco di interventi con associato un indice di priorità che indica precisamente la priorità (ovvero l'urgenza) della realizzazione dei singoli progetti in un arco complessivo di 15 anni.

Si osserva inoltre che la modalità di intervento ad oggi proposta potrà rispettare sia il principio di intervenire lungo una medesima infrastruttura andando a risanare prima le aree risultate più critiche della stessa, oppure essere mirata a risanare le aree più critiche sul territorio, indipendentemente dalla infrastruttura che ne procura il disagio.

Qualunque sia il percorso seguito, comunque, alla base di ogni ragionamento deve esservi il riconoscimento dell'emergenza stabilita dal parametro indicato nel DMA 29/11/2000, definito 'Indice di Priorità'.

Pertanto con l'approvazione dei piani di risanamento acustico ai sensi del DM 29/11/00, sarà definito l'ordine di priorità definitivo, e quindi anche gli interventi/azioni previste per i prossimi 5 anni (All.5 Comma 1 del DLgs 194/05).

Per quanto concerne le tipologie di intervento, in termini generali, sulla base dell'allegato 5, comma 2, al D.Lgs. 194/05, gli interventi pianificati potranno comprendere:

- a) *pianificazione del traffico;*
- b) *pianificazione territoriale;*
- c) *accorgimenti tecnici a livello delle sorgenti;*
- d) *scelta di sorgenti più silenziose;*
- e) *riduzione della trasmissione del suono;*
- f) *misure di regolamentazione o misure economiche o incentivi.*

Sulla base del precedente elenco, quindi, e in accordo anche a quanto indicato nel DMA 29/11/2000, gli interventi di mitigazione che rientrano nelle competenze e possibilità del gestore delle infrastrutture in oggetto, non sono tutti quelli sopra richiamati, ma soltanto parte di essi e in particolare, i punti c), d), e); gli altri punti in elenco, invece, non possono ritenersi nella sfera di competenza del gestore essendo relativi ad un livello di pianificazione di più ampia scala.

- Quindi, i suddetti punti c), d), e), in accordo al DMA 29/11/2000, sono effettuati secondo la seguente scala di priorità:
- direttamente sulla sorgente rumorosa, con l'applicazione di manti stradali in grado ridurre la propagazione delle onde sonore;
- lungo la via di propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore, con la progettazione di barriere acustiche con le caratteristiche fisiche adatte a portare i livelli di rumore dei ricettori critici a valori rispettosi dei limiti normativi.



- direttamente sul ricettore, nei casi in cui le soluzioni precedenti non sono risultate essere sufficienti intervenendo, ad esempio, sulla sostituzione degli infissi del ricettore in questione.
- Per quanto concerne, invece, la specifica situazione del territorio prospicienti i tratti stradali in oggetto, gli interventi di mitigazione che rientrano nelle possibilità del gestore sono coincidenti con quelli progettati nell'ambito del DMA 29/11/00 da effettuare secondo la seguente scala di priorità:
- direttamente sulla sorgente rumorosa, con l'applicazione di manti stradali in grado ridurre la propagazione delle onde sonore;
- lungo la via di propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore, con la progettazione di barriere acustiche con le caratteristiche fisiche adatte a portare i livelli di rumore dei ricettori critici a valori rispettosi dei limiti normativi.
- direttamente sul ricettore, nei casi in cui le soluzioni precedenti non sono risultate essere sufficienti, intervenendo, ad esempio, sulla sostituzione degli infissi del ricettore in questione.

Si riepilogano di seguito gli interventi/azioni individuati per ciascuna area:

Tratto Stradale	Tipologia intervento
RD_IT_0138_001 - EX SS233 Varesina	Controllo dei limiti di velocità.

Tabella 8 – Tabella interventi per ogni area

Per quanto riguarda la conservazione delle “aree silenziose”, nel rispetto della definizione fornita dallo stesso D. Lgs 194/05 all'art 2 punto bb) che definisce “«zona silenziosa esterna agli agglomerati»: una zona delimitata dalla competente autorità che non risente del rumore prodotto da infrastrutture di trasporto, da attività industriali o da attività ricreative”, ne discende che le zone silenziose eventualmente individuate, per loro definizione, allo stato attuale non risentono del rumore generato dall'infrastruttura. Ne consegue che le medesime verranno puntualmente considerate nel caso di interventi tali da modificare le zone di influenza acustica della stessa (ad es. importanti potenziamenti, varianti di tracciato, ecc.)



13 Informazioni di carattere finanziario (Lettera m) allegato 5)

Sulla base delle risultanze della mappatura acustica ai sensi dell'articolo 4 del D.Lgs. 194/2005, è stato possibile stimare il numero di persone che risiedono in edifici che, secondo i limiti normativi di riferimento, sono soggetti a superamento, necessitando quindi di interventi mitigatori adeguati.

Queste informazioni sono risultate utili per effettuare il quadro finanziario, in cui individuare la relazione dei costi sostenuti sia con l'efficacia sia con il beneficio degli interventi eseguiti; per questo è necessario individuare da un lato la popolazione che potrebbe necessitare dal punto di vista normativo di tale intervento mitigatorio (costo/efficacia), dall'altro considerando anche la popolazione che ne beneficerebbe semplicemente per la sua vicinanza ai ricettori da mitigare, anche se non ne avessero necessità (costo/beneficio).

Complessivamente i provvedimenti di mitigazione del rumore consistono nell'installazione di dispositivi di controllo dei limiti di velocità e la posa di asfalto fonoassorbente.

È necessario tenere presente che, per gli edifici che risultano essere fuori dai limiti anche nello stato successivo all'inserimento di provvedimenti mitigazione del rumore, sarà necessario provvedere ad una verifica in opera.

La situazione è riassunta nelle tabelle riportate di seguito.



Scenario post-operam – Asfalto fonoassorbente e controllo dei limiti di velocità

Si riportano di seguito le tabelle che identificano l'intervento di mitigazione del rumore, l'efficacia dello stesso ed una ipotesi di costo complessivo per ogni tratto analizzato.

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti a seguito di un'ipotetica applicazione degli interventi di risanamento proposti in precedenza.

Tratto Stradale	N° persone oltre i limiti acustici (Ante Operam)	N° edifici oltre i limiti acustici (Ante Operam)	Intervento di mitigazione antirumore	N° persone oltre i limiti acustici (Post Operam)	N° edifici oltre i limiti acustici (Post Operam)	N° di persone che beneficia delle mitigazioni (Post Operam)
RD_IT_0138_001 EX SS233 Varesina	2762	125	Controllo dei limiti di velocità	2632	103	2762

		POPOLAZIONE ESPOSTA	EDIFICI ABITATIVI	SCUOLE	OSPEDALI
Lden	55-59	2364	133	2	0
	60-64	428	110	0	0
	65-69	320	83	0	0
	70-74	383	70	0	0
	>75	2	1	0	0
Lnight	50-54	332	102	0	0
	55-59	435	102	0	0
	60-64	374	79	0	0
	65-69	113	24	0	0
	>70	0	0	0	0

SORGENTE	Superficie esposta ai livelli di Lden (Kmq)				
	55-59	60-64	65-69	70-74	>75
SP exSS233 Varesina	0.21	0.16	0.14	0.11	0.00

SORGENTE	Superficie esposta ai livelli di Lnight (Kmq)				
	50-54	55-59	60-64	65-69	>70
SP exSS233 Varesina	0.17	0.16	0.11	0.05	0.00



Confronto fra situazione ante-operam e post-operam

		POPOLAZIONE ESPOSTA Ante operam	EDIFICI ABITATIVI Ante Operam	POPOLAZIONE ESPOSTA Post operam	EDIFICI ABITATIVI Post Operam
Lden	55-59	2411	147	2364	133
	60-64	340	103	428	110
	65-69	377	97	320	83
	70-74	415	76	383	70
	>75	32	7	2	1
Lnight	50-54	413	128	332	102
	55-59	403	109	435	102
	60-64	425	90	374	79
	65-69	170	30	113	24
	>70	0	0	0	0

Come si può osservare dalla tabella di confronto si ha una netta riduzione dei livelli di rumore, soprattutto nella fase notturna.



IPOTESI DEI COSTI COMPLESSIVI DEL RISANAMENTO PER IL TRATTO ANALIZZATO

Nelle tabelle seguenti viene indicato il costo di ogni intervento proposto per il risanamento del tratto di strada in oggetto.

Sistemi di controllo della velocità

CONTROLLO DEI LIMITI DI VELOCITA' Cod. intervento RD_IT_0138_001	Velocità media ante-operam (km/h)	65-70
	Tipologia di intervento	Dissuasore di velocità
	Quantità	3
	Costo unitario per intervento (Euro)	2.500
	Costo totale per interventi richiesti (Euro)	7.500



14 Disposizioni per la valutazione dell'attuazione e dei risultati del piano d'azione (Lettera n) allegato 5)

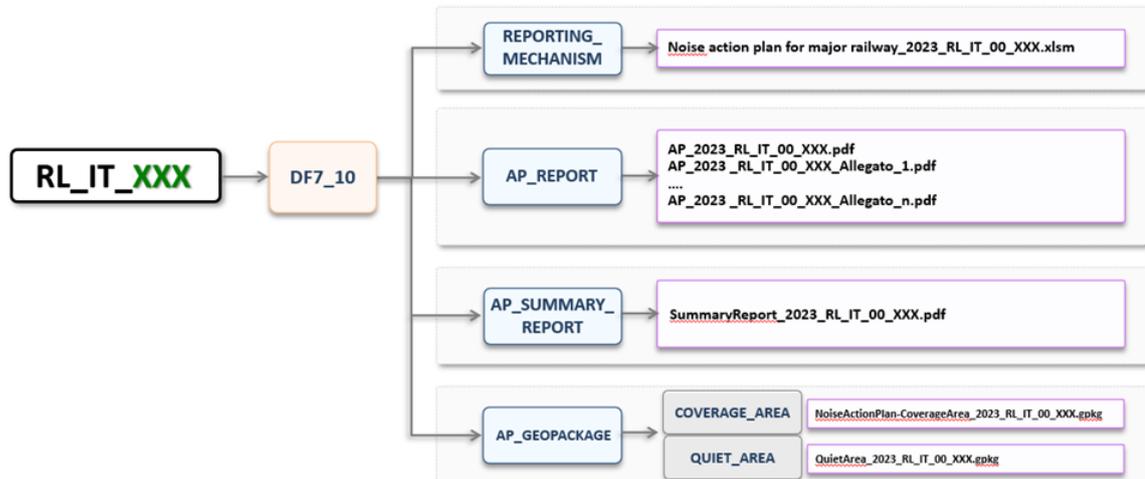
Per la valutazione dell'attuazione del Piano di azione si rimanda alle disposizioni contenute nel D.Lgs. 194/2005 e nel DMA 29/11/2000 in cui sono espresse le tempistiche degli interventi in funzione delle strategie di pianificazione economica – finanziaria dei singoli gestori che, per il caso specifico, rientrano nell'arco complessivo dei 15 anni ai sensi del DMA 29/11/2000 a partire da Giugno 2018.

Per quanto riguarda le verifiche dei risultati del Piano di azione, si rimanda alle fasi di collaudo degli interventi di mitigazione, già previsti nello stesso DMA 29/11/2000, in cui è possibile verificare l'ottenimento dei livelli acustici ottimali rispetto ai valori limite di riferimento.



15 Materiale da trasmettere (Allegato 6)

La documentazione, comprensiva di dataflowsheet in formato excel, piano di azione, relazione di sintesi in formato pdf e webform, è stata organizzata seguendo lo schema riportato:



Si riporta di seguito l'elenco del materiale presente nelle diverse cartelle:

REPORTING MECHANISM: Noise action plan for major roads_2023_RD_IT_0138.xlsm (dataflow relativo alle infrastrutture stradali oggetto del piano di azione)

AP_REPORT: AP_2023_RD_IT_0138.pdf (Relazione tecnica dei piani di azione) e allegati relativi a: Mappe Lden e Lnight ante Operam, Mappe Lden e Lnight post Operam, Mappe dei conflitti Ldiurno IT e Lnotturno Ante operam, Mappe dei conflitti Ldiurno IT e Lnotturno Post operam

AP_SUMMARY_REPORT: SummaryReport_2023_RD_IT_0138.pdf (Sintesi non tecnica dei piani di azione)

AP_GEOPACKAGE: COVERAGE_AREA: NoiseActionPlan-CoverageArea_2023_RD_IT_0138.gpkg



16 Modellistica matematica sul rumore

16.1 Grandezze considerate ai fini dell'attenuazione acustica

Direttività della sorgente

Il modello matematico riporta fedelmente la situazione emissiva delle sorgenti includendo la distribuzione in frequenza. Per emissioni particolarmente concentrate sulle medie ed alte frequenze, si nota che l'emissione acquista una certa direttività, ovvero una direzione preferenziale di emissione.

In questi casi sarà quindi necessario tenere conto della eventuale direzionalità della sorgente e considerare come livello di potenza sonora non tanto quello globale fornito ma un livello corretto che tenga conto della direttività

$$L_{WD} = L_W + D_C$$

dove:

L_{WD} è il livello di potenza sonora corretto (dB);

L_W è il livello di potenza sonora medio (dB);

D_C è la correzione da applicare al livello di potenza sonora (dB).

La condizione in cui il fattore correttivo $D_C=0$ dB indica che la sorgente è omnidirezionale, ossia che l'emissione della sorgente è uniforme in tutte le direzioni senza alcuna particolare preferenza per una direzione particolare.

I termini che compongono D_C sono fondamentalmente due: l'indice di direttività (*directivity index* D_i) e l'indice di emissione sull'angolo solido (D_Ω).

$$D_C = D_i + D_\Omega$$

Il fattore di correzione D_Ω sarà:

$D_\Omega = 0$ dB emissione su 4π radianti (radiazione sferica sull'intero spazio);

$D_\Omega = 3$ dB emissione su 2π radianti (una superficie riflettente);

$D_\Omega = 6$ dB emissione su π radianti (due superfici riflettenti);

$D_\Omega = 9$ dB emissione su $\pi/2$ radianti (tre superfici riflettenti).



Questi fattori correttivi vanno bene seguendo il metodo di calcolo proposto in queste pagine, in quando l'influenza dell'assorbimento del terreno viene tenuta in conto nei prossimi paragrafi. Nel caso di metodi diversi in cui l'attenuazione del terreno non viene contemplata i valori saranno i seguenti:

$D_{\Omega} = 0$ dB emissione su 4π radianti (radiazione sferica sull'intero spazio);

$D_{\Omega} = 3$ dB emissione su 2π radianti (una superficie riflettente che non sia il terreno);

$D_{\Omega} = 3$ dB emissione su π radianti (due superfici riflettenti di cui una il terreno);

$D_{\Omega} = 6$ dB emissione su π radianti (due superfici riflettenti di cui nessuna sia il terreno);

$D_{\Omega} = 6$ dB emissione su $\pi/2$ radianti (tre superfici riflettenti di cui una il terreno);

$D_{\Omega} = 9$ dB emissione su $\pi/2$ radianti (tre superfici riflettenti).

Elementi di attenuazione sul percorso dell'onda acustica

Il livello di pressione sonora L_p presente nella posizione del ricevitore sarà fornita dal valore di partenza della potenza sonora a cui devono essere detratti i contributi di attenuazione.

$$L_p = L_{wd} + A$$

dove:

L_p è il livello di pressione sonora al ricevitore (dB);

L_{wd} è il livello di potenza sonora corretto (dB);

A è la correzione da applicare che tiene conto dei fattori di attenuazione (dB).

I fattori di assorbimento che concorrono nella formazione del nostro termine A possono essere riassunti nella seguente relazione:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{ter} + A_{rifi} + A_{dif} + A_{misc}$$

dove:

A_{div} è l'attenuazione per la divergenza geometrica (dB);

A_{atm} è l'attenuazione per le condizioni meteorologiche (dB);

A_{ter} è l'attenuazione del terreno (dB);

A_{rifi} è l'attenuazione per la riflessione su ostacoli (dB);

A_{dif} è l'attenuazione per effetti schermanti (dB);

A_{misc} è l'attenuazione per effetti diversi (dB).

Le condizioni del vento non entrano in questo contesto supponendole di entità non influente, per aree ad intensa presenza di vento si correggerà la direzionalità di emissione della sorgente.



16.2 Specifiche del modello matematico usato

Il modello matematico per acustica usato è Soundplan ver. 6.4 agg. 2006 prodotto dalla Braunstein + BerntGmb.

E' il modello acustico più diffuso e testato nel mondo e consente attraverso i suoi moduli di poter sopperire a tutte le problematiche di emissione delle diverse sorgenti presenti sul territorio.

Tuttavia è opportuno verificare i dati di uscita, sia grafici che tabellari, a scopo di individuare eventuali imprecisioni e conseguenti correzioni. Per questo motivo è stato successivamente inserito un capitolo dedicato alle incertezze associate alle valutazioni.

Tecnica di ritracciamento dei raggi (*Raytracing*)

Nel calcolo del livello presente nei diversi punti della rappresentazione spaziale della zona è stata utilizzata la tecnica di ritracciamento.

Vengono in sostanza sparati dei raggi che partono dalle diverse sorgenti e quando un raggio colpisce un ostacolo il punto di proiezione diventa esso stesso una sorgente di tipo puntiforme.

Il modello riproduce l'emissione sonora mediante raggi e, nel momento in cui un raggio colpisce un ostacolo, l'ostacolo stesso diventa sorgente, riemettendo esso stesso un raggio. Il raggio viene riemesso dall'ostacolo con variazioni di intensità e direzione imposte dalla natura dell'ostacolo stesso.

La situazione viene descritta nella figura seguente.

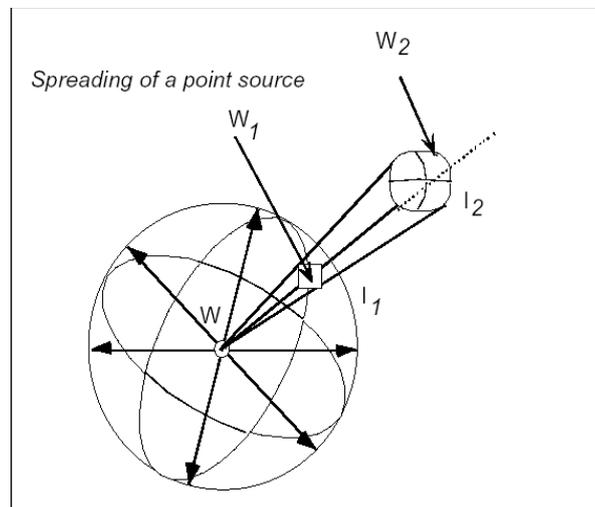


Figura 1 – Emissione dei raggi di tracciamento

Viene infine calcolato il contributo dei diversi raggi che arrivano all'ascoltatore ipotetico come somma energetica dei livelli.

Le tipologie di sorgenti

Le sorgenti possono essere considerate fondamentalmente di tre tipi:



- ✓ puntiformi
- ✓ lineiformi
- ✓ areali

Per quanto riguarda la modalità di propagazione delle sorgenti puntiformi, il modello riproduce la legge della divergenza geometrica, per la quale si ha che ad ogni raddoppio della distanza dalla sorgente si registra un'attenuazione di 6 dB del livello sonoro.

Nel caso di sorgente lineare, che è la componente modellistica rappresentativa di tutte le sorgenti varie, si ha la situazione rappresentata nella figura di seguito.

Per le sorgenti areali la propagazione è una composizione delle diverse tipologie di sorgenti ed è un componente modellistica fondamentale nella riproduzione di impianti e strutture industriali.

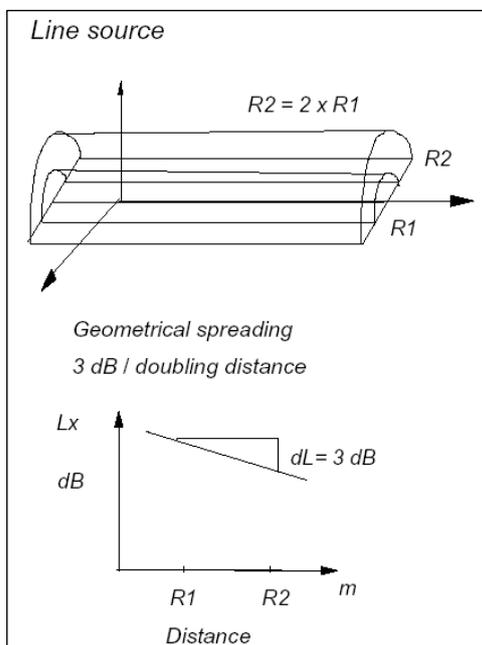


Figura 2 – Emissione di una sorgente lineiforme

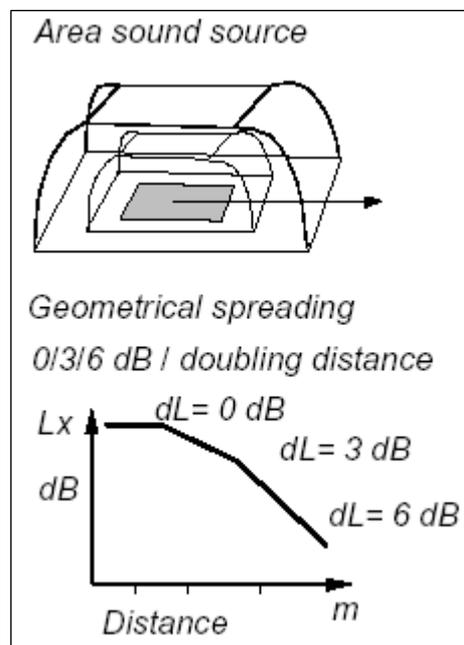


Figura 3 – Emissione di una sorgente areale

La diffrazione degli ostacoli

Elemento importante soprattutto per la caratterizzazione degli eventuali risanamenti sono le metodologie di calcolo per le barriere e gli eventuali ostacoli.

Nella figura sottostante si possono notare i diversi percorsi dell'onda acustica nel suo cammino quando incontra una barriera.

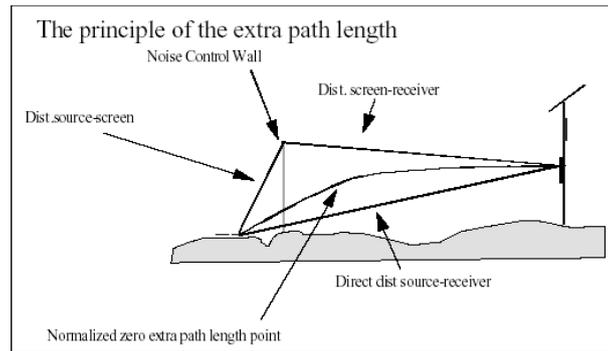


Figura 4 – Diffrazioni verticali

All'interno del programma di calcolo vengono considerate non solo le diffrazioni dei bordi superiori di eventuali ostacoli (barriere, edifici, ecc.) ma anche le diffrazioni laterali, cosa molto importante nel caso di strutture industriali.

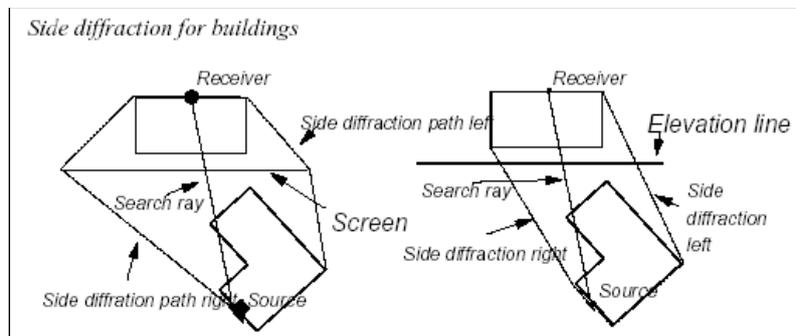


Figura 5 – Diffrazioni laterali

L'assorbimento di elementi

Lungo il suo percorso l'onda sonora può incontrare elementi che assorbono parte dell'energia come può avvenire nel caso di boschi o di aree particolari con moltitudine di ostacoli.

Nel programma è possibile considerare queste aree fornendo un valore di assorbimento per frequenza o semplicemente impostando la tipologia del fogliame.

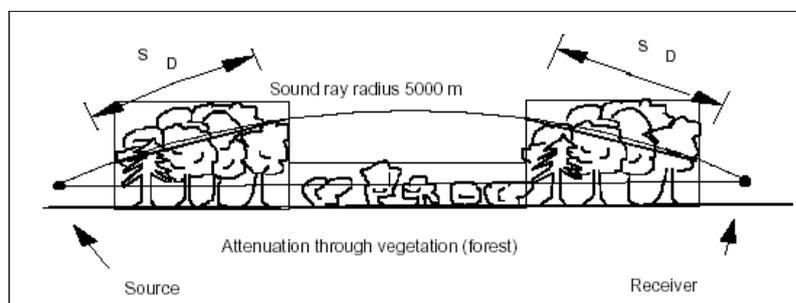


Figura 6 – Calcolo di una mappa ad una certa quota dal terreno



Quote di calcolo delle mappe

Le mappature sono ottenute ad una certa altezza relativa dal terreno in modo che anche in condizioni di morfologie particolari i livelli sono quelli che si misurerebbero andando su quel punto con un cavalletto di altezza pari alla quota scelta.

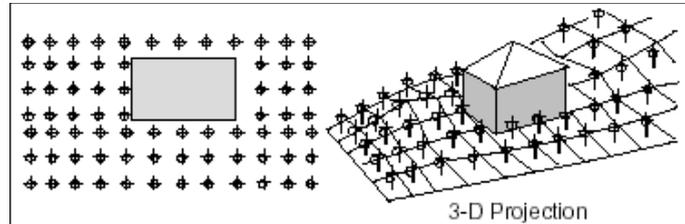


Figura 7 – Calcolo di una mappa ad una certa quota dal terreno

16.3 Riferimenti normativi del modello utilizzato

Il modello usato (Soundplan) risponde a diverse linee guida europee tra cui:

NMBP Route 96

CoRTN - Calculation of Road Traffic Noise

ISO 9613-1 "Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1"

ISO 9613-2 "Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2"

VDI 2714 "Sound propagation outdoors"

VDI 2720 "Noise control by screening"

RLS90 "Guideline for noise protection along highways"

SHALL 03 "Guideline for calculating sound immision of railroads"

VDI 2751 "Sound radiation of industrial buildings"

StatensPlanverk 48

Come previsto dal Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194, la linea guida utilizzata è la NMBP – Route 96.



17 Accuratezza delle simulazioni

Come illustrato nelle linee guida WG-AEN 2006, gli elementi che concorrono all'incertezza dei dati forniti da una valutazione previsionale possono essere fondamentalmente riassunti nei seguenti punti:

- stima delle incertezze dei dati di ingresso del modello;
- stima delle incertezze dei dati di uscita del modello (propagazione);
- caratterizzazione delle incertezze associate a diverse impostazioni del modello;
- caratterizzazione delle incertezze del modello derivanti da valori usati per la validazione dello stesso (taratura del modello con misure acustiche).

17.1 Stima delle incertezze dei dati di ingresso del modello

Esempio classico di queste problematiche sono i dati dei flussi di traffico, le cui incertezze, per loro natura, sono a loro volta legate al periodo scelto per la campagna di misura, al fatto che non tutti i veicoli vengono correttamente contati, alla difficoltà nella divisione delle categorie, alla particolare condizione del fondo stradale, al punto scelto per la misura che può non essere rappresentativo per tutta la tratta, ecc.

La sorgente viene supposta con distribuzione lineare (per alcuni modelli la distribuzione è pseudo-lineare) e quindi abbiamo una propagazione di tipo cilindrico.

Il modelli propagativi da cui, inseriti i dati di volume di traffico, velocità e composizione, si ottengono i livelli sonori, sono fondamentalmente empirici e quindi fortemente dipendenti dalla tipologia e dalla manutenzione delle autovetture che in alcune zone potrebbero essere diverse da altre: per esempio in paesi come la Germania abbiamo un numero limitato di piccole cilindrato rispetto al nostro paese.

Diventa difficile riprodurre la reale morfologia del territorio quando questo possiede una notevole variabilità: è il caso di zone con variazioni altimetriche, dove l'inserimento corretto dei valori di quota della strada e del terreno intorno creano non pochi problemi.

L'assorbimento del terreno è anch'esso uno dei parametri delicati difficile da quantificare.

Altri elementi che sono difficili da valutare se non misurati secondo specifiche normative in materia sono le potenze sonore associate alle specifiche sorgenti.

Questo elemento richiede forzatamente la distribuzione spettrale di emissione perché nei processi di propagazione la lunghezza d'onda è la componente che determina i fattori diffrattivi.

17.2 Stima delle incertezze dei dati di uscita del modello

Qui entrano in gioco i diversi parametri illustrati nel capitolo precedente e quindi tutto ciò che è collegato alla propagazione sonora vista dal modello.

In questo caso, per quanto sopra esposto, diventa difficile quantificare in modo preciso e numerico i diversi parametri che concorrono a determinare l'incertezza dei valori di uscita di una simulazione matematica. In particolare sono così diversi i comportamenti umani di fronte a queste problematiche che conviene considerare questo parametro come un'incertezza di **Tipo B**.



Un'analisi delle differenze ottenibili dai diversi modelli matematici fu sviluppata nel 1995 al congresso dell'Associazione Italiana di Acustica" (supplemento degli atti del congresso), la memoria era "INTERCOMPARISON OF TRAFFIC NOISE COMPUTER SIMULATION" – R. Pompoli, A. Farina, P. Fausti, M. Bassanino, S. Invernizzi, L. Menini.

A questo test parteciparono 23 soggetti che attraverso i diversi modelli posseduti fornirono i risultati su situazioni semplici predefinite dagli autori.

Nella figura sottostante riportiamo da quella memoria i grafici dei risultati su tre posizioni diverse di una simulazione.

Sulle ascisse abbiamo il numero del partecipante al test mentre sulle ordinate il livello previsto in un particolare punto ad una certa distanza dall'infrastruttura viaria.

Come si può osservare le differenze possono essere anche maggiori di 10 dB(A).

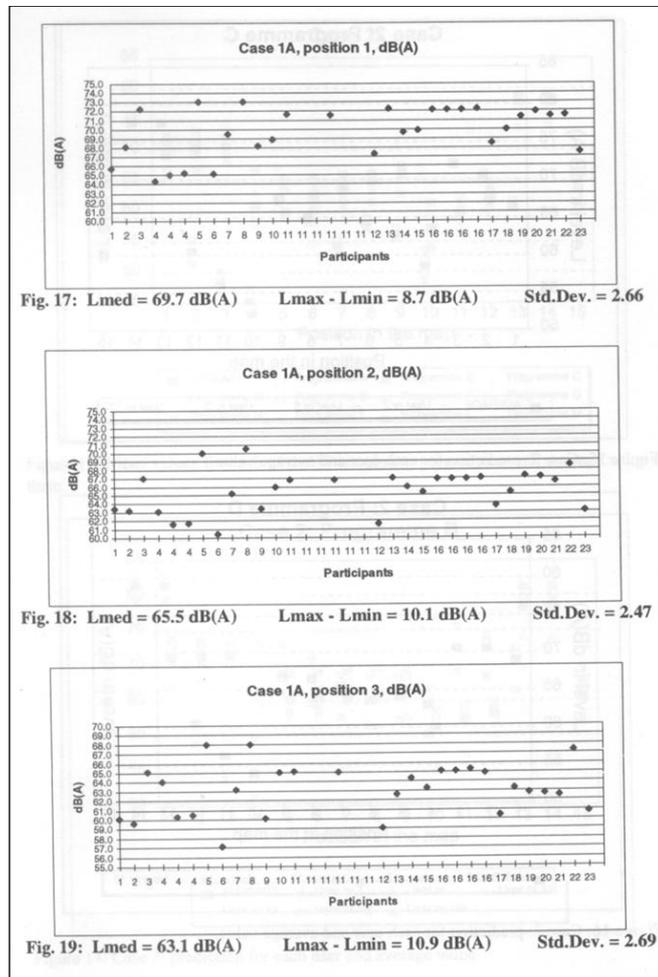


Figura 8 – Grafici: incertezze associate a tre posizioni di simulazione



17.3 Caratterizzazione delle incertezze associate a diverse impostazioni del modello

Sul mercato sono presenti diversi Software di modellizzazione acustica ed all'interno di ognuno vi sono diversi moduli, diverse varianti agli algoritmi di calcolo e diversi riferimenti normativi. A scopo di scelta di un modello e dell'attribuzione dell'algoritmo di calcolo all'interno di esso, è importante l'esperienza dell'utente che, oltre a possedere il titolo di tecnico competente ai sensi di legge, deve altresì avere una conoscenza profonda delle problematiche di propagazione delle onde sonore.

Prendiamo ad esempio una situazione semplice:

- strada extraurbana;
- 10.000 veicoli sulle 24 ore di cui 9360 dalle ore 6 alle 22 e 640 dalle ore 22 alle 6;
- 20% di veicoli pesanti di giorno;
- 10% di pesanti di notte;
- velocità veicoli leggeri 70 km/h;
- velocità veicoli pesanti 50 km/h;
- simulazioni eseguite a 4 metri di altezza a distanza di 25, 50 e 100 metri dalla strada.

Nella tabella seguente è possibile osservare i valori ottenuti usando lo stesso modello ma con i riferimenti normativi diversi.

Norma	Diurno a 25 m	Notturmo a 25 m	Diurno a 50 m	Notturmo a 50 m	Diurno a 100 m	Notturmo a 100 m
<i>RLS 90</i>	66.6	56.1	61.4	50.8	57	46.4
<i>DIN 18005</i>	67.6	56.8	63.6	52.8	59.1	48.3
<i>Nordic</i>	70.0		64.8		58.4	
<i>RVS</i>	64.4	58.2	60.4	54.2	56.2	50
<i>NMPB</i>	72.5	61.7	67.4	56.5	60.8	49.9

Tabella 10 – Riferimenti normativi e confronto con diversi modelli

Come si può notare anche solo il diverso utilizzo di una linea guida rispetto ad un'altra fornisce dati molto differenti.

La stessa NMPB Route 96 francese ha diversi problemi e non risponde propriamente alle aspettative di accuratezza che si dovrebbe avere in casi dove il valore ottenuto dovrà servire a dimensionare le relative opere di mitigazione.

Dopo 20 anni di monitoraggi svolti su tutto il territorio nazionale possiamo dire che le modellazioni del rumore emesso da una strada, ricavate dalla sola conoscenza dei flussi di traffico, forniranno sempre valori errati. Sono comunque sempre necessarie le misurazioni acustiche per una effettiva taratura del modello.

17.4 Incertezze del modello derivanti da valori usati per la validazione dello stesso

Elementi che intervengono nella stima delle incertezze

I problemi relativi all'accuratezza delle misure usate per la taratura del modello ricadono automaticamente sull'incertezza globale della stessa simulazione.

I parametri di cui tener conto sono diversi ed in particolare abbiamo:

- l'incertezza dello strumento;
- l'incertezza del sistema microfonico per esterni;



- *la variabilità dell'emissione della sorgente;*
- *le condizioni atmosferiche;*
- *la direttività dell'onda sonora incidente;*
- *il campo sonoro nel punto di misura.*

Incertezza dello strumento

I dati di input del modello coinvolgono rilievi fonometrici eseguiti in sito. Per questo motivo l'incertezza degli strumenti di misura ha un ruolo importante nella taratura del modello matematico. Gli strumenti devono essere tarati periodicamente presso centri accreditati. La sola parte di analisi del segnale, il corpo dello strumento con il suo sistema di alimentazione senza microfono, una volta verificata e tarata, ha un notevole livello di accuratezza, contenuto entro i 0,3 dB(A).

Incertezza della parte microfonica

Questa parte è sicuramente quella che della catena strumentale può avere più problemi. Infatti dobbiamo pensare che il microfono ed in particolare la membrana è sottoposta a escursioni termiche notevoli e non sempre il funzionamento continua a essere lineare. Anche l'umidità incide pesantemente sulla risposta del microfono in quanto questo è fondamentalmente un condensatore che ha come dielettrico l'aria e quando questa è umida variano le condizioni di movimento della membrana e della conducibilità dielettrica.

Dalle osservazioni svolte in molti anni di misure e in molteplici verifiche su sistemi di monitoraggio per esterni, la variabilità di risposta dei microfoni per esterni può essere contenuta entro 1 dB(A).

Variabilità delle condizioni emissive della sorgente

Se non avvengono fatti strani, come ad esempio per un'infrastruttura può essere un incidente stradale (anche se questi sono all'ordine del giorno), la ripetibilità emissiva di un insieme di sorgenti sul territorio è notevole e da giorno a giorno (almeno per i feriali) abbiamo valori medi globali che si discostano entro 1 dB(A).

La maggior variabilità del rumore emesso la si ha nel periodo notturno, dove i flussi di traffico sono di molto inferiori a quelli diurni e le velocità salgono.

Variabilità delle condizioni atmosferiche

Per il fatto stesso che le misure vengono eseguite all'aperto, questi elementi sono più importanti di quanto sembri. Una variazione della velocità dell'aria, anche modesta, può comportare una variazione di livello di alcuni dB(A), per cui è bene che le misure avvengano in condizioni pressoché stabili.

In condizioni di controllo dei parametri dove si hanno temperature comprese tra i 5 e i 35 °C, velocità dell'aria inferiore a 1 m/s e umidità compresa tra il 30 e il 90% con un normale sistema per esterni possiamo stare sotto un'incertezza di 0,5 dB(A).



Direttività dell'onda acustica incidente

Questa componente non è di grande rilevanza quando parliamo di rumore proveniente da infrastrutture viarie (che costituiscono, statisticamente, un contributo pari al 90% del clima acustico del territorio) in quanto le frequenze in gioco vanno dai 100 ai 1000 Hz.

Campo sonoro nel punto di misura

Questo elemento può avere una certa importanza se nelle vicinanze del punto di misura vi sono superfici riflettenti. Sicuramente i valori rilevati ad una stessa distanza dal bordo dell'infrastruttura ma in due contesti di campo sonoro diversi possono portare a differenze di alcuni dB(A).

L'importante è che se questa misura è finalizzata alla taratura del modello matematico, ne si tenga conto in fase di simulazione.

Incertezze associate ai diversi parametri

Considerando un'equazione generale in cui il livello di pressione sonora misurato presso un ricevitore è

$$L_p = L_{wd} + \delta L_w \gamma_T \gamma_P - A_{div} - A_{atm} - A_{ter} - A_{rifl} - A_{dif} - A_{misc}$$

funzione dei parametri visti avremo

dove:

τM_w è la variabilità del livello emesso dalla sorgente;

\odot_T è il termine che tiene conto del tempo di misura scelto pari a $10^{-3}(T_M/TR)$;

\odot_P è il termine che tiene conto del punto di misura scelto in relazione alle sorgenti sonore.

Introduciamo alcuni elementi di semplificazione nella equazione per cui supporremo che la misura non venga eseguita a grandi distanze dalla sorgente ($A_{atm}=0$, $A_{ter}=0$, $A_{misc}=0$), che non vi siano particolari ostacoli in vicinanza della sorgente o del ricevitore ($A_{dif}=0$), così pure che non vi siano strutture riflettenti

$$L_p = L_{wd} + \gamma_T \gamma_P \delta L_w - 20 \log r - 11$$

($A_{rifl}=0$), e quindi sostanzialmente di eseguire la misura cercando le condizioni di campo libero.

Variabilità del fenomeno acustico L_{wd}

Questo dato è ricavabile dall'analisi statistica dei campioni di tempo memorizzati. Il termine sarà ricavabile dalla radice quadrata della varianza $s^2(L_p)$.



Variabilità della presenza delle sorgenti sonore nella zona di misura \mathcal{C}_P

E' un dato variabile che assume valori tra 0.2 e 4 in relazione alla presenza di sorgenti infrastrutturali. Non è utilizzabile per sorgenti industriali dove non se ne conosce il ciclo produttivo.

Quando nelle tabelle viene specificato "zone vicine" si intende che il punto di misura è a meno di 60 metri dalla sorgente specifica.

In situazione equidistanti da due tipologie la stima di \mathcal{C}_P può essere il valore medio dei due valori.

Tipologia di zona	\mathcal{C}_P
Zone con assenza di sorgenti	0.7
Zone interessate da strade urbane a basso flusso	0.3
Zone interessate da strade di scorrimento extraurbane	0.4
Zone vicine al passaggi di treni	1.5
Zone vicine ad impianti industriali a rumore stazionario	0.4

Tabella 11 – Fattore \mathcal{C}_P in ambito diurno

Tipologia di zona	\mathcal{C}_P
Zone con assenza di sorgenti	0.9
Zone interessate da strade urbane a basso flusso	1.5
Zone interessate da strade di scorrimento extraurbane	1.4
Zone vicine al passaggi di treni	1.5
Zone vicine ad impianti industriali a rumore stazionario	0.4

Tabella 12 – Fattore \mathcal{C}_P in ambito notturno

Variabilità del valore ottenuto in relazione al tempo di misura scelto di misura \mathcal{C}_T

Il dato misurato su un tempo inferiore al tempo di riferimento è chiaramente soggetto ad una incertezza legata al rapporto tra questo tempo e quello di riferimento. Abbiamo considerato come periodo possibile in cui effettuare il campionamento quello ordinario lavorativo 8.30-12.00, 14.00-18.00, con misure

$$\gamma_T = 10^{-3 \frac{T_M}{T_R}}$$

non inferiori ai 15 minuti. Il termine assumerà valore

Questo dato mantiene comunque una sua incertezza anche se il tempo di misura coincide con il tempo di riferimento. Infatti pur essendo il dato statistico sufficientemente rappresentativo non si verificherà mai lo stesso valore. Il valore di una misura eseguita il mercoledì non sarà lo stesso del giovedì e differirà comunque molto rispetto al fine settimana.



Incertezza nella determinazione della distanza dalla sorgente r

L'incertezza associata a questa grandezza ha una notevole influenza sulle fasi successive, in particolare per la modellazione acustica.

Sbagliare di qualche metro su distanze considerevoli implica errori di pochi decimi di dB ma se la distanza è di decine di metri o meno la situazione cambia. In particolare è sempre difficile stimare la distanza del punto di misura da una strada o da una ferrovia se non si hanno dei riferimenti GPS.

Incertezza della strumentazione L_{ps} e L_{cal}

Includiamo in L_{ps} l'incertezza globale del fonometro nella sua misura e in L_{cal} le incertezze legate al calibratore e alle operazioni di calibrazione.

I dati sono desumibili dai certificati di calibrazione dove abbiamo per il fonometro 0.69 dB nel range da 25 Hz a 8 kHz, e per il calibratore 0.2 dB.

Calcolo delle incertezze associate alle misure

Tenuto conto delle grandezze che intervengono nella determinazione del misurando, l'incertezza associata alle misure acustiche può essere espressa attraverso la relazione seguente

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^n u_i^2(y)$$

La quantità $u_i(y)$ ($i = 1, 2, \dots, N$) è il contributo all'incertezza standard associata al valore stimato y di

$$u_i(y) = c_i u(x_i)$$

output risultante dall'incertezza standard associata x_i

dove c_i è il coefficiente di sensibilità associato al valore stimato di $inputx_i$, ad esempio la derivata

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = \frac{\partial f}{\partial X_i} \Big|_{X_1=x_1 \dots X_N=x_N}$$

parziale della funzione modello f rispetto ad X_i , valutata al valore stimato di $inputx_i$,

Il coefficiente di sensibilità c_i descrive l'estensione con la quale il valore dei dati di uscita y è influenzato dalle variazioni del valore stimato di $inputx_i$. Nel nostro caso, con le ampiezze di incertezza espresse nei punti precedenti, in condizioni meteo normali abbiamo un'incertezza totale sulla misura acustica pari a

Possiamo considerare linearmente indipendenti i fattori che hanno determinato l'equazione per cui l'incertezza tipo composta risultante dalle grandezze di ingresso fin qui viste può essere esprimibile nella forma seguente



$$u_c^2(L_p) = \gamma_P^2 \gamma_T^2 u^2(\delta L_w) + \left(\frac{\partial L_p}{\partial r} \right)^2 u^2(r) + u^2(L_{ps}) + u^2(L_{cal})$$

In questa equazione supporremo che la misura di L_{wd} attraverso la pressione L_p sia esatta (a meno dell'incertezza strumentale $u(L_{ps})$ per il fonometro e $u(L_{cal})$ per il calibratore) anche se condotta per un tempo limitato e quindi che porti ad imprecisione del dato affidando al termine γ_T e γ_P il compito di rappresentarne la variabilità.

Teniamo presente che

$$\frac{\partial L_p}{\partial r} = \frac{-20}{r \cdot \ln 10}$$

e che $u^2(L_{wd}) = s^2(L_p)$ indicando con $s^2(L_p)$ la varianza della misura dei livelli sonori.

I fattori che quindi entrano in gioco nella valutazione delle incertezze associate sono i seguenti.

Diurno
 Misure Ante Operam T_M (min) 960 ξ_p 0.4

Grandezza X_i	Stima x_i	Incertezza tipo $u(x_i)$	Distribuzione	Coeff. Di Sensibilità c_i	Componente di incertezza $u_i(y) = c_i u(x_i)$
L_w	90.0 dBA	0.0 dBA	Normale	1.00	0.0 dBA
dL_w	0.0 dBA	2.8 dBA	Normale	0.00	0.0 dBA
r	20.0 m	2.0 m	Normale	-0.434	0.9 dBA
L_{ps}	65.0 dBA	0.4 dBA	Normale	-1	0.4 dBA
L_{cal}	94.0 dBA	0.1 dBA	Normale	1	0.1 dBA
L_P	64.0 dBA				1.0 dBA

Incertezza tipo composta $u_c(y)$ 1.0 dBA
 Incertezza estesa con fattore di copertura k=2 $U = k u_c(y)$ 1.9 dBA

Notturmo
 Misure Ante Operam T_M (min) 480 ξ_p 1.4

Grandezza X_i	Stima x_i	Incertezza tipo $u(x_i)$	Distribuzione	Coeff. Di Sensibilità c_i	Componente di incertezza $u_i(y) = c_i u(x_i)$
L_w	80.0 dBA	0.0 dBA	Normale	1.00	0.0 dBA
dL_w	0.0 dBA	5.8 dBA	Normale	0.04	0.3 dBA
r	20.0 m	2.0 m	Normale	-0.434	0.9 dBA
L_{ps}	50.0 dBA	0.4 dBA	Normale	-1	0.4 dBA
L_{cal}	94.0 dBA	0.1 dBA	Normale	1	0.1 dBA
L_P	54.0 dBA				1.0 dBA

Incertezza tipo composta $u_c(y)$ 1.0 dBA
 Incertezza estesa con fattore di copertura k=2 $U = k u_c(y)$ 2.0 dBA

In tutte queste verifiche abbiamo supposto una tipologia di misura di almeno 24 ore



17.5 Stima delle incertezze delle simulazioni modellistiche

Consideriamo quindi i vari elementi che concorrono alla stima delle incertezze.

- incertezze dei dati di ingresso del modello, che indicheremo con L_w che canonicamente rappresenta il valore di input delle sorgenti ma, la cui incertezza, include anche elementi di input come l'olografia del terreno, l'inserimento di ostacoli, ecc..;
- stima delle incertezze dei dati di uscita del modello (propagazione), che indicheremo con A che abbiamo visto raccoglie tutti gli elementi che entrano nel computo della propagazione dell'onda sonora;
- caratterizzazione delle incertezze associate a diverse impostazioni del modello, che indicheremo con δL_m indicando la variabilità tra la scelta del modello (comprendendo la linea guida usata) e la situazione reale;
- incertezze del modello derivanti dalle misure di taratura, che indichiamo con δL_p in cui il misurando è pari a 0 con una incertezza associata vista nel paragrafo precedente.

Diurno

Grandezza X_i	Stima x_i	Incertezza tipo $u(x_i)$	Distribuzione	Coeff. Di Sensibilità c_i	Componente di incertezza $u_i(y)=c_i u(x_i)$
L_w	90.0 dBA	1.5 dBA	Normale	1	1.5 dBA
A	30.0 dBA	1.6 dBA	Normale	1	1.6 dBA
δL_m	0.0 dBA	2.0 dBA	Rettangolare	1	2.0 dBA
δL_{pt}	0.0 dBA	1.0 dBA	Normale	1	1.0 dBA
L_p	60.0 dBA				3.1 dBA

Incertezza tipo composta $u_c(y)$ 3.1 dBA
 Incertezza estesa con fattore di copertura $k=2$ $U=k u_c(y)$ 6.2 dBA

Notturmo

Grandezza X_i	Stima x_i	Incertezza tipo $u(x_i)$	Distribuzione	Coeff. Di Sensibilità c_i	Componente di incertezza $u_i(y)=c_i u(x_i)$
L_w	90.0 dBA	2.2 dBA	Normale	1	2.2 dBA
A	30.0 dBA	1.6 dBA	Normale	1	1.6 dBA
δL_m	0.0 dBA	2.3 dBA	Rettangolare	1	2.3 dBA
δL_{pt}	0.0 dBA	1.0 dBA	Normale	1	1.0 dBA
L_p	60.0 dBA				3.7 dBA

Incertezza tipo composta $u_c(y)$ 3.7 dBA
 Incertezza estesa con fattore di copertura $k=2$ $U=k u_c(y)$ 7.4 dBA



18 Dati di ingresso del modello

18.1 Dati inerenti alle infrastrutture stradali

Nel nostro caso abbiamo inserito come input del modello i flussi veicolari, in quantità e velocità, come forniti dal Comune e da noi successivamente affinati anche in relazione alle percentuali di mezzi pesanti da noi osservate durante i sopralluoghi.

Come già accennato la linea guida utilizzata per il rumore da traffico è la NMBP Route 96 francese eventualmente corretta attraverso il processo di "taratura" con le misure da noi stessi effettuate.

18.2 Dati inerenti al calcolo

I parametri di calcolo sono stati scelti in base alle dimensioni della mappa, comunque non sotto una definizione di una griglia di dieci metri.

L'altezza di calcolo è stata fissata in 4 metri dalla superficie del suolo perché questo viene richiesto nel Decreto 194 e anche perché le stesse misure di taratura, sono state eseguite in conformità al DPCM 16/3/98 a quell'altezza.

Le linee di isolivello sono state riportate a intervalli di 5 dBA.

18.3 Dati inerenti alle strutture edilizie e relative alla popolazione residente

Tutti i dati relativi alla geometria degli edifici ed alla morfologia del terreno sono stati richiesti direttamente al Comune che ha fornito tutti i file vettoriali a disposizione per l'importazione diretta nel modello di calcolo. E' stato inoltre fornito un file relativo alla distribuzione della popolazione sul territorio comunale.



19 Conclusioni

Come previsto nel Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194, "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale" sono stati redatti i piani di azione relativi alle strade con traffico superiore ai 3.000.000 veicoli annuali nel territorio del Comune di Tradate.

Si riassume quanto effettuato, nei punti riportati di seguito.

- Ricevimento ed analisi del materiale cartaceo ed informatico relativo allo stato del territorio comunale (individuazione vie di traffico da mappare, piano urbano del traffico, PGT, dati sulla popolazione residente, aerofotogrammetrico) ed alle altre pratiche relative al Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194 dedicate ad altre strutture presenti e/o influenti acusticamente sul territorio comunale ma di gestione non comunale (autostrada, ferrovia, strade in gestione alla provincia, aeroporto)
- Ipotesi di posizionamento dei punti di rilievo fonometrico
- Sopralluogo a scopo conoscitivo del territorio e verifica ipotesi punti di rilievo fonometrico
- Esecuzione rilievi fonometrici
- Stesura della relazione di monitoraggio acustico con allegati relativi alle schede di misura e mappa di disposizione dei punti di misura (da unire al presente lavoro)
- Modellizzazione di tutto il territorio comunale e delle sorgenti coinvolte
- Calcolo da modello matematico relativo alla mappatura con i descrittori acustici Lden ed Ln, estrazione delle mappe in tutti i formati previsti, estrazione dei dati da inserire nelle schede dell'END Reporting Mechanism
- Redazione della relazione di mappatura acustica con allegati di mappa e di END Reporting Mechanism (da unire al presente lavoro)
- Calcolo da modello matematico relativo alla mappatura con i descrittori acustici Leq diurno e Leq notturno secondo la legislazione italiana, estrazione delle tavole in tutti i formati previsti dalla normativa, estrazione delle mappe di evidenza dei possibili superamenti rispetto ai limiti
- Calcolo da modello relativo alla mappatura con i descrittori acustici Leq diurno e Leq notturno secondo la legislazione italiana per le sole vie di traffico presso le quali sono emersi superamenti dei limiti con conseguente inserimento di provvedimenti di mitigazione acustica (definito stato Post-Operam), estrazione delle tavole in tutti i formati previsti dalla normativa, estrazione delle mappe di evidenza dei possibili residui superamenti rispetto ai limiti.



Per tutti i tratti nei quali saranno eseguiti interventi volti ad una riduzione delle emissioni di rumore, sarà possibile confrontare lo stato attuale e, nel caso di necessità, le previsioni post operam.

Per tutti i dati specifici relativi ai livelli previsti ai ricettori ed alla situazione ambientale complessiva si rimanda agli allegati specifici.



20 Bibliografia

1. Direttiva Europea 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee 18.7.2002.
2. EC – DG ENV, Reporting Mechanism proposed for reporting under the Environmental Noise Directive 2002/49/EC, Handbook (including data specification) – October 2007.
3. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WGAEN), Good Practice Guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure – Version 2, 13 August 2007.
4. COM/2011/0321 Final Report from the Commission to the European Parliament and the Council - Relazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio sull'applicazione della direttiva sul rumore ambientale ai sensi dell'articolo 11 della direttiva 2002/49/CE.
5. Directive 2003/4/EC of the European Parliament and of the Council of 28 January 2003 on public access to environmental information and repealing Council Directive 90/313/EEC.
6. Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE).
7. JRC Reference Report – Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU).
8. The WHO - World Health Organization - Europe, Night Noise Guidelines for Europe.
9. Directorate-General for Internal Policies – Policy Department A: Economic and Scientific Policy, Towards a comprehensive Noise Strategy – November 2012.
10. EC - Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans, Recommendations from the SILENCE project.
11. The WHO - World Health Organization - Europe, WHO LARES Final report Noise effects and morbidity.
12. The WHO – World Health Organization, Regional Office for Europe, JRC European Commission, Burden of disease from environmental noise. 2011
13. A. Tanese, E. di Filippo, R. Rennie, La pianificazione strategica per lo sviluppo del territorio - Analisi e Strumenti per l'innovazione - I Manuali, Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Funzione Pubblica.
14. UNI/TR 11327:2009, Acustica - Criteri per la predisposizione dei piani d'azione destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti.
15. UNI/TR 11327, Criteri per la predisposizione dei piani d'azione destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti.



Pagina 35 16. UNI 11252:2007, Procedure di conversione dei valori di LAeq diurno e notturno e di LVA nei descrittori Lden e Lnight, novembre 2007.

17. UNI/TR 11327, Criteri per la predisposizione dei piani d'azione destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti.

18. DPCM 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore".

19. DPR 30/03/2004, n.142, "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della L. 26 ottobre 1995, n. 447".

20. DPR 18/11/1998, 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".

21. DM 31/10/1997 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale".

22. DM 29/11/2000 "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"

23. D.Lgs. 19/08/2005, n. 194 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".

24. L. 26/10/1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico".

25. DM 16/03/1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

26. DPCM 1/03/1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" G.U. Serie Generale n. 57 del 8/3/1991;

27. L. 26/10/1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico" G.U. n. 254 del 30/10/1995; Suppl. Ord. n. 125.

28. DM Ambiente 11/12/1996 "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo" G.U. Serie Generale n. 52 del 11/12/1996.

29. Circolare Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 06/09/2004 "Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali". G.U. Serie Generale n. 217 del 15/09/2004.

30. DPCM 5/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" G.U. Serie Generale n. 297 del 22/12/1997.

31. DPCM 16/04/1999, n. 215 "Regolamento recante norme per la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi" G. U. Serie Generale n. 153 del 2/7/1999.

32. DPCM 31/03/1998 "Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b), e dell'art. 2, commi 6, Pagina 36 7 e 8, della L. 26 ottobre 1995, n. 447 Legge quadro sull'inquinamento acustico" G. U. Serie Generale n. 120 del 26/5/1998.



33. DP. 11/12/1997, n. 496 “Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili” G.U. Serie Generale n. 20 del 26/1/1998.
34. DM 20/05/1999 “Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico” G.U. Serie Generale n. 225 del 24/09/1999.
35. DM Ambiente 3/12/1999 “Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti” G.U. Serie Generale n. 289 del 10/12/1999.
36. D.Lgs. 19/08/2005, n. 194, “Attuazione della Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale”. GU n. 222 del 23.09.2005.
37. L. 07/08/1990, n. 241 “Nuove norme in materia di procedimento amministrativo e di diritto di accesso ai documenti amministrativi”.
38. D.Lgs. 19/08/2005, n. 195 “Attuazione della direttiva 2003/4/CE sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale”.
39. D.Lgs. 3/04/2006 n.152, “Norme in materia ambientale”
40. D.Lgs 17/02/2017, Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere a), b), c), d), e), f) e h) della legge 30 ottobre 2014, n. 161.
41. MITE - “Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.lgs. n. 194/2005) – Specifiche tecniche MITE – marzo 2022”
42. MITE - “Definizione del contenuto minimo delle relazioni inerenti alla metodologia di determinazione delle mappe acustiche e valori descrittivi delle zone soggette ai livelli di rumore – Linee guida MITE – marzo 2022”