

Relazione Tecnica



**ATTUAZIONE DELLA DIRETTIVA 2002/49/CE RELATIVA ALLA
DETERMINAZIONE E GESTIONE DEL RUMORE AMBIENTALE**

MAPPATURA ACUSTICA DELLA RETE DI AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.P.A.

DECRETO LEGISLATIVO 19 AGOSTO 2005, N° 194

AGGIORNAMENTO DELLE IMMISSIONI NEGLI AGGLOMERATI URBANI CON PIÙ DI
100.000 ABITANTI

Dicembre 2016

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 Adempimenti per il terzo round di mappatura.....	3
1.2 Scopo del documento.....	3
2. DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO NMPB96	4
2.1 Caratteristiche generali.....	4
2.2 Modello di propagazione.....	6
2.2.1 Effetti Meteorologici.....	6
2.2.2 Decomposizione in sorgenti elementari e definizione dei parametri funzionali.....	9
2.2.3 Divergenza geometrica.....	10
2.2.4 Assorbimento atmosferico.....	11
2.2.5 Effetto suolo.....	11
2.2.6 Diffrazione	15
2.2.7 Riflessioni sugli ostacoli verticali	18
2.3 Modello di emissione	18
2.3.1 Categorie di veicoli	18
2.3.2 Categorie di pavimentazione e profilo stradale	19
2.3.3 Condizioni di traffico	19
2.3.4 Calcolo dell'emissione.....	20
3. ADATTAMENTO DEL CODICE DI CALCOLO NMPB96	22
3.1 Generalità	22
3.2 Aggiornamento della banca dati di emissione	23
3.2.1 Stato dell'arte.....	23
3.2.2 Misure di statistical pass-by.....	24
4. CONFRONTO TRA MODELLO DI CALCOLO NMPB 96 CON DIVERSE BANCHE DATI.....	27
4.1.1 Calibrazione del modello	28
5. MODALITÀ DI PRESENTAZIONE AGLI AGGLOMERATI	30
5.1 Dati da trasmettere alla Commissione.....	30
5.2 Strati informativi in formato xls.....	31

5.3 Strati informativi in formato shp	31
6. BIBLIOGRAFIA	36

1. PREMESSA

1.1 ADEMPIMENTI PER LA TERZA FASE DI MAPPATURA

A seguito della pubblicazione del decreto legislativo n. 194 del 19 agosto 2005 che recepisce la direttiva comunitaria 2000-49-CE, per quanto riguarda i gestori/possessori di “assi stradali principali”, dopo gli adempimenti dei bienni 2006-2007 e 2012-2013, sono entrati in vigore i seguenti obblighi, per il terzo round di mappatura:

- entro 31/12/16: trasmissione dei dati delle mappe acustiche relativamente alle tratte della propria rete con traffico superiore a 3.000.000 veicoli/anno e che ricadono entro gli agglomerati con popolazione superiore a 100,000 abitanti;
- entro 30/06/17: trasmissione, alla regione o alla provincia autonoma competente, della mappatura acustica degli assi stradali principali su cui transitano più di 3.000.000 di veicoli all'anno nonché di alcuni dati statistici inerenti l'esposizione all'inquinamento acustico di persone ed edifici, riferiti al precedente anno solare. Nel caso di infrastrutture principali che interessano più regioni gli stessi enti trasmettono la mappatura acustica ed i dati statistici al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio ed alle regioni o province autonome competenti;
- entro 31/12/17: trasmissione dei dati dei piani di azione, tenendo conto dei risultati della mappatura acustica, relativamente alle tratte della propria rete con traffico superiore a 3.000.000 veicoli/anno e che ricadono entro gli agglomerati con popolazione superiore a 100,000 abitanti;
- entro 18/07/18: trasmissione, alla regione od alla provincia autonoma competente, dei piani di azione per gli assi stradali principali su cui transitano più di 3.000.000 di veicoli all'anno tenendo conto dei risultati della mappatura acustica. Nel caso di infrastrutture principali che interessano più regioni gli stessi enti trasmettono i piani d'azione al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio ed alle regioni o province autonome competenti;

La Commissione Europea ha inoltre emanato linee guida e documenti relativi alle procedure con cui effettuare le mappe acustiche e trasmettere i relativi dati agli enti interessati.

1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento descrive la procedura adottata per la stima dei livelli di rumore lungo la rete stradale gestita da Autostrade per l'Italia, ed illustra il contenuto del materiale trasmesso agli Agglomerati, necessario per la redazione della mappatura acustica strategica.

In particolare, viene descritto in dettaglio il processo che ha condotto alla scelta della base dati di emissione e dell'algoritmo di propagazione acustica.

Nel caso di rumore da traffico stradale il decreto legislativo n. 194 consiglia l'uso della procedura di calcolo “NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), riportato in “Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6” e nella norma XPS 31-133. Per i dati di

ingresso concernenti l'emissione, questi documenti fanno capo al documento "Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores" edita dal CETUR nel 1980⁽¹⁾.

In considerazione che i dati di input cui la procedura fa riferimento risalgono ad oltre trenta anni fa, la stessa commissione in una successiva raccomandazione⁽²⁾ consiglia una adeguata procedura per adeguare i valori di emissioni alle nuove caratteristiche di veicoli e di pavimentazioni.

Nei successivi paragrafi è dettagliatamente descritto il metodo consigliato dalla Commissione (ed impiegato da Autostrade per l'Italia S.p.a. per realizzare la mappatura acustica) nonché l'approccio adottato per effettuare l'aggiornamento delle banche dati di input.

2. DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO NMPB96

Prima di entrare nel dettaglio degli argomenti, è importante puntualizzare le differenze sussistenti fra il concetto di "modello di calcolo" e "software di calcolo".

Per "*modello di calcolo*" si intende una procedura operativa in cui vengono definiti i criteri secondo cui schematizzare le sorgenti e l'ambiente di propagazione (terreno, vegetazione, edifici, barriere, etc.), calcolare i principali fenomeni fisici della propagazione (diffrazioni e riflessioni) ed individuare i ricettori.

Per "*software di calcolo*" si intende la trasposizione delle suddette procedure in pacchetti di programmi commerciali: a titolo esemplificativo il "modello di calcolo" NMPB-96 è implementato in molteplici "software di calcolo", come ad esempio Soundplan, Cadna, Predictor, Immi, Lima, Mythra, Sintef, etc.

È anche opportuno evidenziare che l'allegato alla direttiva UE 2015/996 del 19 maggio 2015 della stabilisce i metodi di determinazione comuni, ed in particolare indica che gli stati membri saranno tenuti ad utilizzare il modello di calcolo CNOSSOS-EU a partire dal 31 dicembre 2018. Di conseguenza, tale standard diverrà obbligatorio a partire dal quarto round di mappatura previsto dalla END.

2.1 CARATTERISTICHE GENERALI

Il metodo di calcolo NMPB-96 costituisce un metodo per la previsione dei livelli acustici a distanze fino a 800 metri dall'infrastruttura stradale, tenendo in considerazione gli effetti meteorologici. NMPB consente il calcolo dei parametri $L_{Aeq(10pm-6am)}$ and $L_{Aeq(6am-10pm)}$, ma può, con opportuni accorgimenti, essere adattato anche per il calcolo del parametro L_{DEN} richiesto dalla direttiva 2000-49-CE.

I calcoli sono effettuati in bande di ottava da 125 Hz a 4 kHz, ed il metodo è basato sulla suddivisione delle linee di traffico in singole sorgenti puntiformi.; la procedura prende in considerazione principalmente la propagazione e non fa riferimento a valori di emissione che pertanto devono essere ottenuti da altre fonti (in particolare la direttiva 2000-49-CE fa riferimento alla "Guide du bruit" del 1980). I valori di emissione da prendere in considerazione sono i valori di livelli di potenza sonora in bande di ottava, possibilmente completi di fattori di direttività orizzontale e verticale.

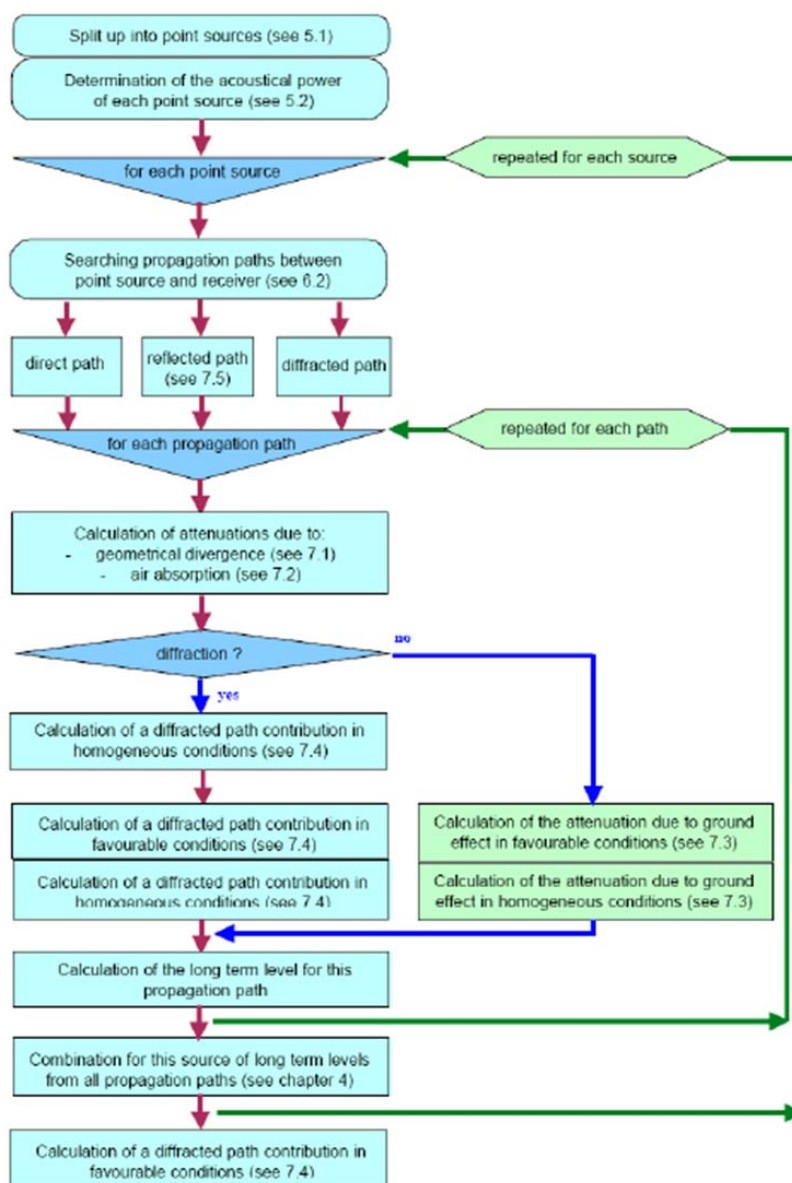
NMPB-96 prende in considerazioni due condizioni meteorologiche, e precisamente l'una omogenea e l'altra favorevole alla propagazione: il risultato del calcolo, ovvero il livello equivalente di lungo termine può

essere ottenuto dalla combinazione dei due calcoli, definendo la percentuale di tempo in cui si verificano le condizioni di propagazione di tipo “favorevole”. La procedura di calcolo tiene conto dei seguenti effetti:

- divergenza geometrica;
- assorbimento atmosferico;
- effetto terreno, tenendo conto dell'altezza delle sorgenti e dei ricettori;
- calcolo in condizioni meteorologiche omogenee ed in condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione;
- diffrazioni semplice e multiple, mediante calcolo delle differenze fra traiettoria diretta e traiettoria diffratta e successiva definizione dell'attenuazione A_{dif} ;
- riflessione su ostacoli verticali.

Per sorgenti di altezza elevata rispetto al terreno, il modello può essere impiegato per ricettori disposti perpendicolarmente all'infrastruttura stradale ad una distanza massima di 800 m ed ad un'altezza da terra di almeno 2 m; il dominio di validità decresce però nel caso in cui sia la sorgente che il ricettore siano ad altezze inferiori.

La seguente figura mostra il diagramma di flusso funzionale del modello NMPB-96.



2.2 MODELLO DI PROPAGAZIONE

2.2.1 Effetti Meteorologici

Data anche la configurazione del territorio ed il grado di urbanizzazione della Francia, la procedura NMPB-96 tiene in particolare considerazione gli effetti meteorologici, soprattutto per ricettori posti a distanza maggiore di 250 m dall'infrastruttura stradale.

La "sorgente strada" viene rappresentata come una sorgente lineare, successivamente ricondotta ad una serie di sorgenti puntiformi distribuite con criteri predefiniti lungo una serie di linee emittitrici; l'attenuazione durante la propagazione fra sorgenti puntiformi ed i ricevitori è stimata attraverso la somma di termini rappresentativi della divergenza sferica, dell'assorbimento dell'aria, dell'effetto terreno, della diffrazione su ostacoli e della riflessione su elementi verticali. Tutte questi termini sono calcolati per due

condizioni meteorologiche, e precisamente la condizione favorevole alla propagazione, a cui corrisponde il livello L_F e la condizione omogenea, a cui corrisponde il livello L_H

Il livello di lungo termine ponderato A, L_{LT} , è quindi stimato dalla relazione:

$$L_{LT} = 10 \log[p \times 10^{L_F/10} + (1 - p) \times 10^{L_H/10}] \quad [1]$$

dove:

p è la percentuale di tempo (espressa con valori fra 0 e 1) in cui si verificano condizioni favorevoli alla propagazione. In altri termini, per determinare le condizioni di “livelli di lungo termine”, il metodo NMPB non prende in esame le condizioni meteorologiche statistiche peculiari del sito, ma sostituisce le “condizioni sfavorevoli alla propagazione” con le “condizioni omogenee”, e pertanto perviene ad una “sovrastima” dei reali livelli di inquinamento acustico.

La percentuale di tempo in cui occorrono le condizioni favorevoli (espressa nel metodo come percentuale p), può essere valutata qualitativamente con il metodo di Zouboff, il quale si basa sulla seguente matrice a doppia griglia che richiede semplici informazioni meteorologiche relative ad U_i ovvero scelta di una delle 5 classi di vento) e T_i , ovvero scelta di 5 classi termiche, di cui 3 diurne e due notturne).

I valori di probabile occorrenza p sono stati calcolati in Francia (e quindi sono strettamente validi in quel

territorio), in 40 diverse stazioni meteorologiche, sia nel periodo diurno (06.00-22.00) che in quello notturno (22.00-06.00), con direzioni fra sorgente e ricettore variabili a step di 20° ; i risultati corrispondono all'integrazione di almeno 10 anni di dati meteorologici.

La norma prevede la possibilità di eseguire nei singoli siti d'interesse rilevazioni e successive analisi statistiche delle condizioni meteorologiche. La stessa norma consente, nel caso che un territorio non disponga di dati, di adottare valori di default, ad esempio $p = 0.5$ nel periodo notturno (100% di occorrenza di condizioni favorevoli) e $p = 0.25$ nel periodo diurno (50% di occorrenza di condizioni favorevoli), secondo quanto consigliato dal Ministero per l'Ambiente e dal WGAEN⁽³⁾.

A titolo di completezza, si riporta comunque la tabella di Zouboff, rimandando i dettagli a quanto riportato nella norma NS 31-133. (le zone grigie nel diagramma corrispondono a situazioni meteorologiche “impossibili” o “estremamente poco probabili”).

	U1	U2	U3	U4	U5
T1		--	-	-	
T2	--	-	-	Z	+
T3	-	-	Z	+	+
T4	-	Z	+	+	++
T5		+	+	++	

Legenda	
-	attenuazione normale (raggi curvi in l'alto)
--	attenuazione forte (raggi verso l'alto)
Z	effetti meteorologici nulli (raggi rettilinei)
+	moderata amplificazione (raggi curvi in basso)
++	forte amplificazione (raggi curvi in basso)

- U₁:** vento forte (da 3 a 5 m/s) opposto alla direzione di propagazione
U₂: vento debole o moderato (da 1 a 3 m/s) opposto o forte vento in direzione non opposta
U₃: vento nullo o vento trasversale
U₄: vento moderato nella direzione della propagazione o vento forte a 45°
U₅: vento forte
T₁: periodo diurno con forte radiazione solare e superfici asciutte e non troppo vento
T₂: stese condizioni di T₁, ma con una delle condizioni di T₁ non realizzata
T₃: alba o tramonto o (tempo nuvoloso con vento e superfici non troppo umide)
T₄: periodo notturno con nuvole o vento
T₅: periodo notturno con cielo sereno e vento debole.

È importante sottolineare, come evidenziato nel diagramma funzionale sopra riportato, che il calcolo degli effetti meteorologici va effettuato per bande di ottava e per tutte le direzioni congiungenti sorgente e ricevitore.

Viene qui di seguito descritto in dettaglio come deve essere effettuato il calcolo relativamente all'intervallo di tempo preso in esame (un anno, secondo la Direttiva 2000-49-CE):

1. Decomposizione delle sorgenti di rumore in sorgenti elementari puntuali;
2. Determinazione del livello di potenza sonora per ciascuna sorgente, in bande di ottava;
3. Ricerca delle traiettorie di propagazione da ciascuna sorgente a ciascun ricevitore (diretta, diffratta e riflessa);
4. Su ciascuna traiettoria di propagazione, calcolare per ogni banda di ottava:
 - l'attenuazione in condizioni favorevoli;
 - l'attenuazione in condizioni omogenee;
5. Il livello di lungo termine, tenendo conto dell'occorrenza di condizioni favorevoli ed omogenee
6. Somma dei diversi contributi di lungo termine di tutte le traiettorie per calcolare il livello globale di lungo termine per bande di ottava;
7. Calcolo del livello sonoro globale di lungo termine ponderato A.

Per una sorgente sonora puntuale S_i di potenza L_{Awi} , e per ciascuna banda di ottava considerata, il livello globale di lungo termine presso un ricevitore R per determinate condizioni atmosferiche è dato da

1. Calcolo livello sonoro in condizioni favorevoli per la traiettoria (S_i, R)

$$L_{Ai,F} = L_{Awi} - A_{i,F} \quad [2]$$

Il termine $A_{i,F}$ rappresenta l'insieme delle attenuazioni lungo il percorso di propagazione e si compone dei seguenti termini in condizioni di propagazione favorevole:

$$A_{i,F} = A_{div} + A_{atm} + A_{sol,F} + A_{dif,F} \quad [3]$$

dove:

A_{div} è l'attenuazione per divergenza geometrica A_{atm} è l'attenuazione per assorbimento atmosferico

$A_{sol,F}$ è l'attenuazione per effetto del terreno

$A_{dif,F}$ è l'attenuazione dovuta la diffrazione

2. Calcolo livello sonoro in condizioni omogenee per la traiettoria (Si, R)

$$L_{Ai,H} = L_{Awi} + D_{hi} + D_{vi} - A_i \quad [4]$$

dove i termini hanno il medesimo significato del punto precedente, ma riferiti alle condizioni omogenee.

3. calcolo livello sonoro di lungo termine per la traiettoria (Si, R)

Il livello sonoro dovuto alla singola sorgente puntuale è dato dalla somma energetica dei livelli in due condizioni omogenea e favorevole, ponderata con il fattore p di occorrenza relativo alla traiettoria (Si, R)

4. Calcolo livello sonoro di lungo termine al punto R per tutte le traiettorie di propagazione

Il livello sonoro al ricettore per la banda di ottava j è ottenuto per somma dei contributi sonori dell'insieme delle sorgente sonore puntuali e delle loro eventuali sorgenti immagine

$$L_{Aeq,LT}(j) = 10 \lg \left[\sum_i 10^{0,1 L_{Ai,LT}(j)} + \sum_{i'} 10^{0,1 L_{Ai',LT}(j)} \right] \quad [5]$$

dove i rappresenta l'insieme delle sorgenti puntuali e i' l'insieme delle sorgenti immagine corrispondenti a delle riflessioni su ostacoli verticali.

2.2.2 Decomposizione in sorgenti elementari e definizione dei parametri funzionali

Il primo step è la divisione geometrica dell'infrastruttura in "archi elementari" su cui l'emissione sonora del traffico non varia ed ha caratteristiche omogenee riguardo alla tipologia costruttiva e funzionale (pendenza, numero corsie, larghezza della piattaforma). Ciascun arco elementare è modellizzato con un numero variabile di "linee emettitrici", posizionando in genere una linea su ciascuna corsia.

Successivamente ciascun arco è decomposto in un insieme di sorgenti puntuali elementari, rispettando il criterio base che la distanza fra due punti non può essere superiore alla metà della distanza ortogonale fra ricettore e sorgente puntuale ad esso più vicina. A ciascuna sorgente puntuale identificata viene assegnato un livello di potenza sonora in dB(A) per ciascuna banda di ottava i dato dalla formula:

$$L_{Awi} = L_{Aw/m} + 10 \log (li) \quad [6]$$

dove:

$L_{Aw/m}$ è il livello di potenza sonora/metro della linea di sorgenti di rumore in dB(A), per banda di ottava

li è la lunghezza (in metri) della porzione di arco relativa alla sorgente puntiforme i .

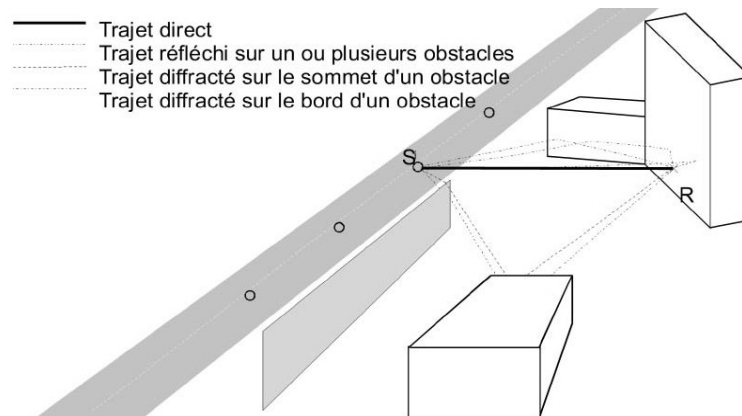
I valori di $L_{Aw/m}$ sono determinati secondo la norma NS 31-130, che sostanzialmente richiama la "Guide du Bruit des Transports Terrestres - Fascicule «Prévision des niveaux sonores» (1980)".

L'altezza delle singole sorgenti è fissata a 0.5 m dal suolo, e le sorgenti sono considerate omnidirezionali; i ricettori devono essere posti ad un'altezza dal suolo di almeno 2 m e a 2 metri di distanza dalla facciata.

Il metodo si basa sulla determinazione delle traiettorie di propagazione rettilinee fra sorgente e ricettore, e può essere applicato sia rigorosamente in 3 dimensioni o, preferibilmente, in "pseudo 3D" ovvero in $2D\frac{1}{2}$, in modo da semplificare il problema della propagazione, riducendo le 3 dimensioni ad un insieme di problematiche elementari a 2 dimensioni; in pratica l'infrastruttura è scomposta in archi elementari e le propagazioni (dirette, riflesse e diffratte) fra ciascuna sorgente ed il punto di ricezione sono ricercate solo sulla proiezione sul piano orizzontale. Per ciascuna traiettoria, il calcolo dell'attenuazione dovuta alla propagazione si esegue successivamente sul piano verticale contenente la traiettoria di propagazione.

Se per una coppia sorgente/ricettore esistono numerosi percorsi di propagazione (vedi figura seguente), si prendono in esame esclusivamente gli ostacoli verticali.

Non si considerano riflessioni sul suolo, in quanto questo fenomeno è trattato separatamente.



2.2.3 Divergenza geometrica

L'attenuazione causata dalla divergenza geometrica prende in considerazione la riduzione del livello sonoro dovuto alla distanza di propagazione. Per una sorgente puntuale in campo libero, l'attenuazione in decibel per ciascuna banda di ottava è data da:

$$A_{div} = 10 \log(4\pi d^2) = 20 \log(d) + 11 \quad [7]$$

dove:

d è la distanza diretta fra sorgente e ricettore (in assenza di ostacoli), espressa in metri.

2.2.4 Assorbimento atmosferico

L'attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico, A_{atm} , (in decibel)s, lungo un percorso di propagazione di lunghezza d è fornito dalla formula:

$$A_{atm} = \alpha d / 1000 \quad [8]$$

dove:

d è la distanza tra sorgente e ricevitore ed α è il coefficiente di attenuazione atmosferica (dB/km), ricavabile per banda di ottava dalla seguente tabella, valida per $T=15$ °C ed umidità relativa del 70 %.

Frequenza centrale (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
α (in dB/km)	0.38	1.13	2.36	4.08	8.75	26.4

2.2.5 Effetto suolo

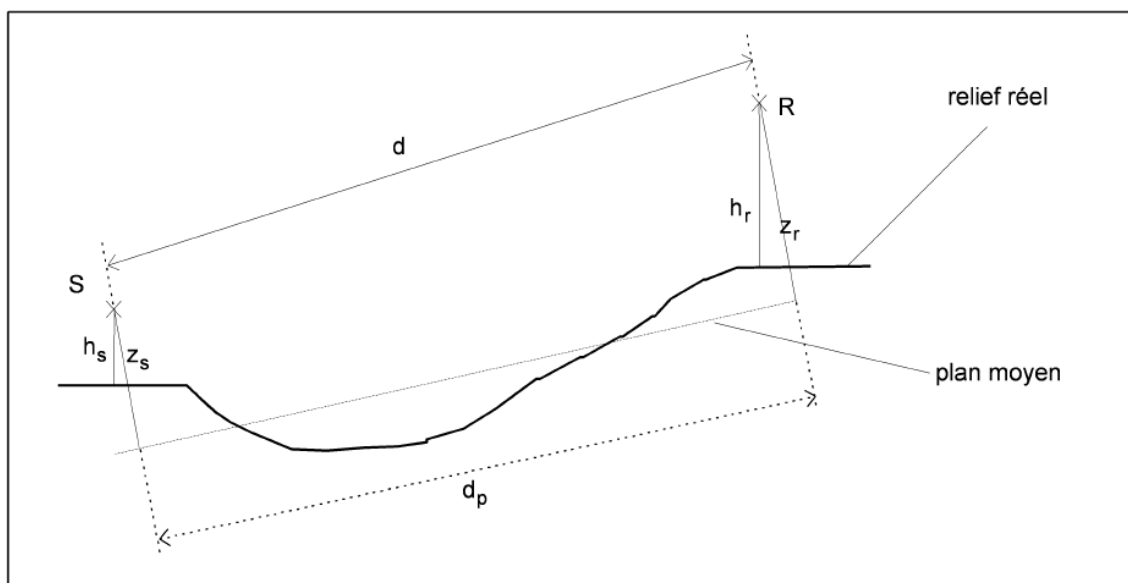
L'attenuazione dovuta all'effetto del suolo è principalmente il risultato dell'interferenza fra il suono riflesso dalla superficie del suolo ed il suono che si propaga direttamente dalla sorgente verso il ricevitore. Tale fenomeno è funzione sia delle caratteristiche del terreno sia delle condizioni meteorologiche che modificano la curvatura dei raggi sonori (verso l'alto o il basso): pertanto anche per l'effetto suolo, vengono distinte due tipologie di calcolo, l'una per le condizioni omogenee e l'altra per le condizioni favorevoli di propagazione.

Ai fini del calcolo, l'assorbimento del suolo è rappresentato da un coefficiente G , adimensionale, compreso fra 1 e 0, attribuendo il valore 0 ad un terreno riflettente ed il valore 1 ad un terreno assorbente, mentre può assumere valori intermedi in caso di propagazione lungo suoli di diversa natura.

Tipo di suolo	G (adimensionale)
Suolo assorbente (erba, prato, ballast, etc.)	1
Suolo riflettente (rivestimento stradale, asfalto, ecc.)	0

Per prendere in opportuna considerazione la realtà del profilo del terreno lungo la di propagazione, le formule di calcolo dell'effetto suolo utilizzano, in luogo delle altezze reali della sorgente e del ricevitore (indicate con h) la loro altezza equivalente al di sopra del "piano medio del suolo" (indicata con z).

In altri termini le altezze equivalenti si ottengono a partire dal profilo reale del terreno e sostituendolo con un piano fittizio rappresentante il profilo medio del terreno, come esemplificato in figura.



L'altezza equivalente, z , di un punto è quindi la sua altezza ortogonale a tale piano medio.

Se l'altezza equivalente di un punto assume valori negativi (ovvero se il punto è situato al di sotto del piano medio), la sua altezza equivalente viene posta pari a zero, ed in tal caso il punto coincide con il suo eventuale punto immagine.

Nel caso di condizioni di propagazione favorevole, il calcolo è effettuato in modo separato per le porzioni di suolo nei pressi della sorgente, nel percorso fra sorgente e ricevitore e nella zona presso il ricevitore, definite rispettivamente zona della sorgente, zona intermedia e zona del ricevitore.

Nel caso di condizioni favorevoli, i raggi sonori sono incurvati verso il suolo, e in conseguenza l'effetto suolo è essenzialmente condizionato dalla natura del terreno posta nelle vicinanze della sorgente e del ricevitore; solo per grandi distanze le traiettorie di propagazione possono avere dei "rimbalzi" sul terreno situato fra sorgente e ricevitore: in tal caso occorre tener conto anche di questi fenomeni.

Pertanto nel caso di condizioni favorevoli il calcolo va effettuato separatamente sulla zona in vicinanza della sorgente, sulla zona intermedia e sulla zona in vicinanza del ricevitore.

Ciascuna di tali zone può essere caratterizzata da un coefficiente del suolo G diverso, definiti rispettivamente G_s , G_m et G_r . Normalmente si possono considerare anche due soli fattori di terreno, ovvero un coefficiente G_s nella regione della sorgente ed un coefficiente $G_{traiettoria}$ corrispondente alle caratteristiche medie del suolo sull'insieme del percorso di propagazione, ovvero applicato alla zona intermedia ed alla zona del ricevitore ($G_m = G_r = G_{traiettoria}$).

Per quanto riguarda le strutture stradali di tipo riflettente G può essere posto = 0 tenendo conto del rivestimento della piattaforma stradale e della piccola altezza della sorgente rispetto al suolo.

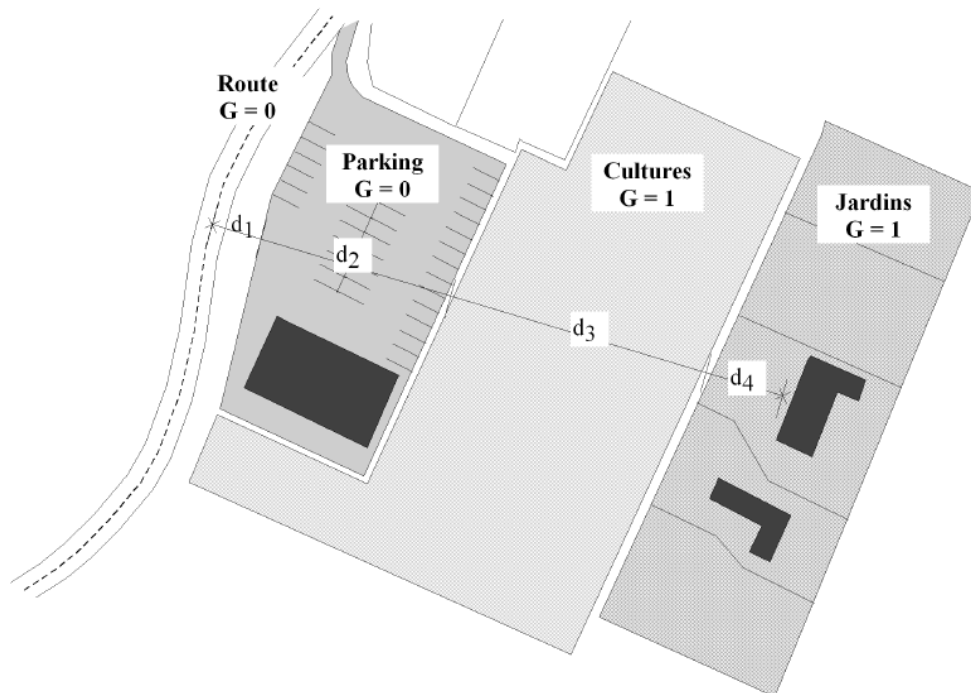
Per il calcolo dell'effetto suolo nelle zone intermedie e del ricevitore, si assume il coefficiente $G_{\text{traiettorie}}$ pari alla frazione del suolo assorbente situato sull'insieme del percorso di propagazione.

Tuttavia, quando la sorgente ed il ricevitore sono vicini, ovvero quando indicativamente $\leq 30(z_s + z_r)$, la distinzione fra le tipologie di terreno preso la sorgente ed il ricevitore perdono di significato. Sinteticamente si possono adottare le seguenti regole:

Il fattore di suolo $G_{\text{traiettorie}}$ si può calcolare (vedi figura seguente) dalle seguenti formule:

Se $d_p > 30(z_s + z_r)$: $G'_{\text{traiettorie}} = G_{\text{traiettorie}}$

Se $d_p \leq 30(z_s + z_r)$: $G'_{\text{traiettorie}} = [G_{\text{traiettorie}} d_p / 30(z_s + z_r)] + [G_s (1 - d_p / 30(z_s + z_r))]$



$$d_1 + d_2 + d_3 + d_4 = d \text{ (distance directe de propagation)}$$

$$G_{\text{trajet}} = (0 \cdot d_1 + 0 \cdot d_2 + 1 \cdot d_3 + 1 \cdot d_4) / d = (d_3 + d_4) / d$$

L'attenuazione dovuta all'effetto del suolo in condizioni favorevoli sull'insieme del percorso di propagazione è quindi dato da :

$$A_{\text{sol,F}} = A_{\text{s,F}} + A_{\text{m,F}} + A_{\text{r,F}} \quad [9]$$

dove :

$A_{\text{s,F}}$, $A_{\text{m,F}}$, $A_{\text{r,F}}$ sono rispettivamente le attenuazioni dovute all'effetto suolo presso la sorgente, in zona intermedia e presso il ricevitore, calcolati secondo le formule riportate nella seguente tabella:

Fréquence centrale nominale (en Hz)	$A_{s,F}$ ou $A_{r,F}$ (en dB)	$A_{m,F}$ (en dB)
125	$-1,5 + G a'(z)$	$-3 q (1 - G)$
250	$-1,5 + G b'(z)$	
500	$-1,5 + G c'(z)$	
1 000	$-1,5 + G d'(z)$	
2 000	$-1,5 (1 - G)$	
4 000	$-1,5 (1 - G)$	
où :		
$a'(z) = 1,5 + 3,0e^{-0,12(z-5)^2} \left(1 - e^{-d_p/50}\right) + 5,7e^{-0,09 z^2} \left(1 - e^{-2,8 \times 10^{-6} d_p^2}\right)$		
$b'(z) = 1,5 + 8,6e^{-0,09 z^2} \left(1 - e^{-d_p/50}\right)$		
$c'(z) = 1,5 + 14,0e^{-0,46 z^2} \left(1 - e^{-d_p/50}\right)$		
$d'(z) = 1,5 + 5,0e^{-0,9 z^2} \left(1 - e^{-d_p/50}\right)$		
$q = 0 \quad \text{si } d_p \leq 30 (z_s + z_r)$		
$q = 1 - 30 (z_s + z_r)/d_p \quad \text{si } d_p > 30 (z_s + z_r)$		

(Per $A_{s,F}$ porre $z = z_s$ e $G = G_s$; per $A_{r,F}$ porre $z = z_r$ e $G = G'_{\text{traiettorie}}$; per $A_{m,F}$ porre $G = G'_{\text{traiettorie}}$)

Per il calcolo in condizioni omogenee, ovvero quando le traiettorie di propagazione sono rettilinee, non è necessario distinguere le zone sorgente, intermedia e ricevitore: si considera pertanto un unico coefficiente di suolo $G_{\text{traiettorie}}$ per l'insieme dei percorsi di propagazione, di valore identico a quello utilizzato per il calcolo in condizioni favorevoli.

L'attenuazione per effetto suolo in condizioni omogenee si calcola quindi con le seguenti formule:

$$A_{\text{sol,H}} = -10 \lg \left[4 \frac{k^2}{d_p^2} \left(z_s^2 - \sqrt{\frac{2C_f}{k}} z_s + \frac{C_f}{k} \right) \left(z_r^2 - \sqrt{\frac{2C_f}{k}} z_r + \frac{C_f}{k} \right) \right] \geq -3 (1 - G'_{\text{trajet}}) \quad [10]$$

dove:

$k = 2\pi f_c / c$, con f_c frequenza centrale di banda di ottava e c è la velocità del suono nell'aria

$C_f = d_p \frac{1 + 3w d_p e^{-(wd_p)^{0,5}}}{1 + w d_p}$ dove w è dato in funzione della frequenza f_c e di $G_{\text{traiettorie}}$ dalla formula:

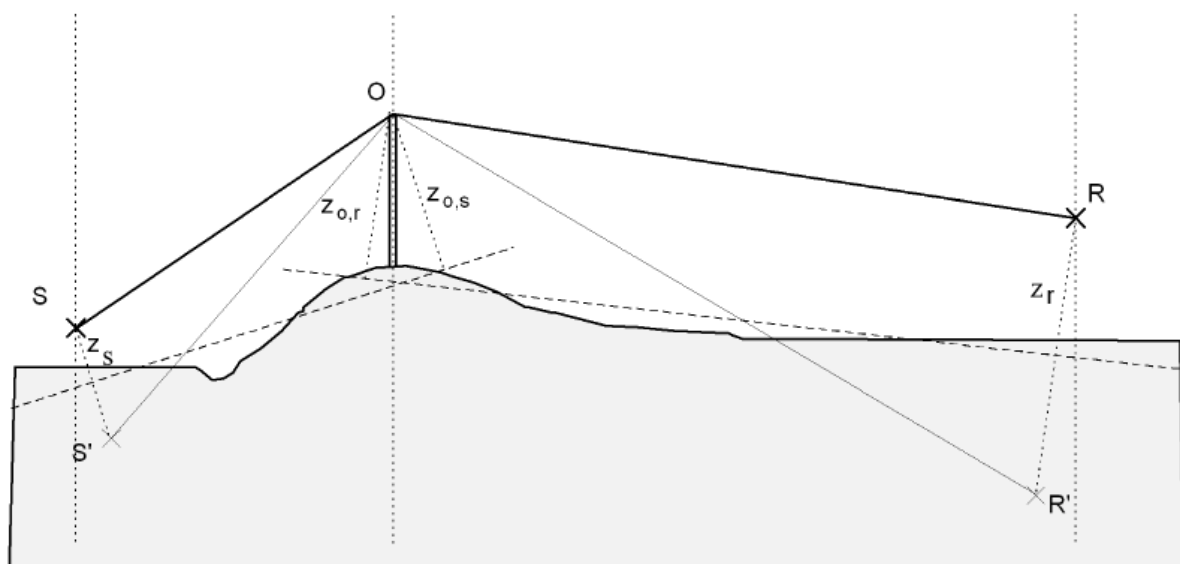
$$w = 0,0185 (f_c G_{\text{traiettorie}}) / f_c G_{\text{traiettorie}} + 1,3 \times 10^{-6} f_{c\text{traiettorie}} + 1,16 \times 10^{-6}$$

2.2.6 Diffrazione

Possono essere presi in considerazione effetti di diffrazione semplice o multipla, A_{diff} , su schermi sottili e spessi, su edifici, su rilevati sia naturali che artificiali ed anche sui bordi di trincee e viadotti (vale comunque la regola che si considerano solo ostacoli di altezza minima pari a 2 metri).

Il primo passo è la verifica, fatta per ogni banda di ottava, se realmente un ostacolo determina un effetto di diffrazione, fatta calcolando la differenza di percorso Δ sulla traiettoria sorgente-ricettore: se la traiettoria passa "sufficientemente in alto" al di sopra del bordo di diffrazione, non occorre calcolare l'attenuazione per diffrazione e la sorgente ed il ricettore vengono considerati in "vista diretta" (non schermati), ponendo il termine A_{diff} uguale a 0 dB.

Nel caso contrario, viene calcolato il termine A_{diff} secondo quanto qui seguito definito ed esemplificato dalla seguente figura.



Legenda

S = Sorgente

R = Ricettore

S' = Sorgente immagine in relazione al piano medio del suolo, "lato sorgente"

R' = Ricettore immagine in relazione al piano medio del suolo, "lato ricettore"

O = punto di diffrazione

z_s = Altezza equivalente della sorgente in rapporto al piano medio del suolo, "lato sorgente"

$z_{o,s}$ = Altezza equivalente del punto di diffrazione O in rapporto al piano medio del suolo, "lato sorgente"

z_r = Altezza equivalente del ricettore R in relazione al piano medio del suolo, "lato ricettore"

$z_{o,r}$ = altezza equivalente del punto di diffrazione O in rapporto al piano del suolo, "lato ricettore"

Il metodo si basa sulla decomposizione del percorso di propagazione in due parti, e precisamente il “lato sorgente”, situato fra la sorgente ed il punto di diffrazione, ed il “lato ricettore” situato tra bordo di diffrazione e ricettore.

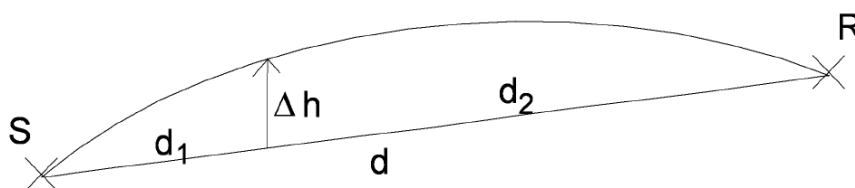
La procedura seguita è la seguente:

- Determinazione del piano del suolo medio fra sorgente ed ostacolo e successivamente fra ostacolo e ricettore;
- Creazione della sorgente immagine S' in rapporto al piano medio del “lato sorgente”;
- Creazione del ricettore immagine R' in rapporto al piano medio del “lato ricettore”;
- Calcolo della differenza di percorso δ per ciascuna traiettoria SR, S'R e SR';
- Calcolo dell'attenuazione per diffrazione Δ_{diff} per ciascuna delle traiettorie SR, S'R e SR';
- Calcolo dell'attenuazione dovuta dall'effetto suolo dal lato sorgente $\Delta_{sol(S,O)}$ e lato ricettore $\Delta_{sol(O,R)}$
- Calcolo dell'attenuazione A_{diff} dovuta alla diffrazione, prendendo in conto l'effetto suolo sia dal lato sorgente che dal lato ricettore.

La differenza di percorso δ è calcolata sul piano verticale (anche se ciò rappresenta un'approssimazione) contenente la sorgente ed il ricettore.

Nel caso di propagazione in condizioni omogenee il calcolo di δ viene effettuato in modo tradizionale, considerando una propagazione rettilinea; viceversa nel caso di condizioni favorevoli, l'effetto della curvatura dei raggi sonori, viene simulato spostando verso l'alto il punto della traiettoria diretta situata a destra dl bordo di diffrazione , di una quantità Δ_h data dalla seguente formula (vedi figura seguente):

$$\Delta_h = d_1 d_2 / 2y \quad [9]$$



dove:

y è il raggio di curvatura in metri.

y è assunto pari a $8d$, dove d è la distanza diretta di propagazione, ed in ogni caso y non può essere inferiore a 1.000 m (se $y < 1000$ m si pone $y = 1000$ m).

Per determinare se esiste un apprezzabile effetto di attenuazione per diffrazione, la differenza di percorso δ sulla traiettoria SR è paragonata per ciascuna banda d'ottava alla quantità $\lambda/20$ dove λ è la frequenza

centrale i centro banda: se la differenza di percorso δ è inferiore a $\lambda/20$ si trascurava di calcolare l'effetto di diffrazione e la sorgente ed il ricevitore sono considerati in "vista diretta".

Il calcolo della diffrazione si effettua secondo le seguenti formule:

$$\begin{aligned} \text{se } (40/\lambda)C'' \delta \geq -2 & \quad \Delta_{\text{diff}} = 10\log[3+(40/\lambda)C'' \delta] \\ \text{se } (40/\lambda)C'' \delta \leq -2 & \quad \Delta_{\text{diff}} = 0 \end{aligned}$$

dove:

C' è un coefficiente che tiene conto delle diffrazioni semplici e multiple, assumendo i seguenti valori per le diffrazioni semplici $C'' = 1$

per le diffrazioni multiple $C'' = [1+(5\lambda/e)^2]/[1/3 + (5\lambda/e)^2]$

dove e rappresenta la distanza totale fra le diffrazioni estreme, come esemplificato nella seguente figura.

Valgono i seguenti criteri generali:

- se $\Delta_{\text{diff}} < 0$ si assume $\Delta_{\text{diff}} = 0$
- se $\Delta_{\text{diff}} > 25$ si assume $\Delta_{\text{diff}} = 25$
- sulle diffrazioni su bordi verticali non esistono limiti

Per quanto riguarda il calcolo $\Delta_{\text{sol}(S,O)}$ si usa la formula seguente:

$$\Delta_{\text{sol}(S,O)} = -20\log[1+(10^{-\Delta_{\text{sol}(S,O)}/20} - 1)10^{-(\Delta_{\text{diff}}(S,R') - \Delta_{\text{diff}}(s,r)/20)}] \quad [11]$$

dove:

$A_{\text{sol}(O,R)}$ è l'attenuazione dovuta all'effetto del suolo fra il bordo di diffrazione O ed il ricevitore R, calcolato secondo le condizioni favorevoli o nelle condizioni omogenee, con le seguenti ipotesi:

$$\begin{aligned} z_s &= z_{o,r} \\ d &= OR \end{aligned}$$

in condizioni favorevoli : $G_s = G_m = G_r = G_{\text{traiettorica}}$ calcolato fra O ed R

in condizioni omogenee : $G = G_{\text{traiettorica}}$ calcolato fra O ed R

$\Delta_{\text{diff}}(S,R')$ è l'attenuazione dovuta alla diffrazione fra S ed il ricevitore immagine R'

$\Delta_{\text{diff}}(S,R)$ è l'attenuazione dovuta alla diffrazione fra S e R,

L'attenuazione dovuta alla diffrazione, prendendo in esame tutti gli effetti relativi al lato sorgente ed al lato ricevitore, sono infine calcolati con la formula:

$$A_{\text{diff}} = \Delta_{\text{diff}}(S,R) + \Delta_{\text{sol}}(S,O) + \Delta_{\text{sol}}(O,R) \quad [12]$$

dove :

$\Delta_{\text{diff}}(S,R)$ è l'attenuazione per diffrazione fra la sorgente S ed il ricevitore R;

$\Delta_{\text{sol}}(S,O)$ è l'attenuazione per effetto suolo, calcolata relativamente alla diffrazione lato sorgente;

$\Delta_{\text{sol}}(O,R)$ è l'attenuazione per effetto suolo, calcolata relativamente alla diffrazione lato ricevitore.

2.2.7 Riflessioni sugli ostacoli verticali

Le riflessioni sugli ostacoli verticali (barriere antirumore, facciate degli edifici, trincee, muri, etc.) sono trattate con la teoria delle sorgenti immagine. Vengono assimilati ad ostacoli artificiali anche tutte le superfici con un'inclinazione fino a 15°.

Per tener conto di ostacoli inclinati o di forme complesse, occorre sviluppare un metodo di maggior dettaglio, in tridimensionale.

Nel calcolo delle riflessioni si possono trascurare tutti gli ostacoli le cui dimensioni sono piccole rispetto alla lunghezza d'onda della banda d'ottava considerata.

Le riflessioni sul suolo non vengono prese in considerazione, in quanto il loro effetto è integrato direttamente nel calcolo dell'effetto del terreno (vedi paragrafo 2.2.5.)

Se L_w è il livello di potenza sonora della sorgente S e α_r il coefficiente di assorbimento della superficie su cui avviene la riflessione, il livello di potenza sonora della sorgente immagine S' è dato dalla formula:

$$L_{w'} = L_w + 10 \lg(1 - \alpha_r) \quad \text{con } 0 < \alpha_r < 1$$

Alle traiettorie riflesse si applicano tutti i criteri validi per le traiettorie dirette o diffratte.

2.3 MODELLO DI EMISSIONE

Quanto finora trattato, si riferisce alla sola schematizzazione dei fenomeni inerenti la propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore.

È comunque da tener presente che alcune linee guida sviluppate su finanziamento della DG Ambiente, sconsigliano l'uso delle correzioni meteorologiche in ambienti densamente edificati (come ad esempio gli agglomerati) e soltanto in terreni piatti e non collinari/montuosi come ad esempio l'Italia.

Per quanto riguarda il calcolo di livelli di potenza sonora delle singole sorgenti, come già precedentemente riportato, il modello NMPB-96 e la norma NS 13-133, in mancanza di dati più attendibili, rimandano a quanto riportato nella "Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores" edita dal CETUR nel 1980.

Qui di seguito si riportano i punti salienti d tale documento CETUR

2.3.1 Categorie di veicoli

Vengono distinte due tipologie di veicoli, e precisamente:

- Veicoli leggeri, ovvero veicoli con un peso totale a terra (P.T.T.) inferiore a 3.5 ton;
- Veicoli pesanti, ovvero veicoli con un peso totale a terra (P.T.T.) superiore a 3.5 ton.

2.3.2 *Categorie di pavimentazione e profilo stradale*

La “Guide du bruit” non fa riferimento ad un particolare tipo di pavimentazione: in considerazione del periodo in cui sono stati ricavati i dati, è presumibile che tutti i dati siano relativi ad un mix di pavimentazioni (in bitume e cemento), ma non su pavimentazioni fonoassorbenti o a basa emissione di rumore (nel 1977 in Francia non erano ancora in uso pavimentazioni drenanti/fonoassorbenti, pavimentazioni ecodrenanti o ecotecniche, etc.).

Per quanto riguarda la tipologia di infrastruttura stradale, la “Guide du bruit” si riferisce a tre profili longitudinali, e precisamente:

- carreggiata orizzontale o carreggiata il cui gradiente nel senso del flusso del traffico è inferiore al 2%;
- carreggiata in salita, dove il gradiente in direzione del flusso del traffico è superiore al 2%;
- carreggiata in discesa, dove il gradiente in direzione del traffico è superiore a -2%.

Nel caso di infrastrutture a doppia carreggiata, si applicano i suddetti criteri a ciascuna carreggiata.

2.3.3 *Condizioni di traffico*

Vengono distinte quattro diverse tipologie di flussi di traffico, e precisamente:

□ Flusso continuo fluido

Questa situazione si realizza quando i veicoli si muovono sulla tratta in esame a velocità quasi costante, senza accelerazioni o decelerazioni; si considera “fluido” se il flusso è stabile nello spazio e per un tempo di almeno dieci minuti. Questa tipologia di traffico è quella tipica di un’autostrada, una strada a scorrimento veloce, strade interurbane di collegamento, strade urbane principali (al di fuori delle ore di punta).

□ Flusso continuo pulsante

Tale condizione è caratterizzata da una “turbolenza di tipo fluidodinamico” : un flusso turbolento consiste in una sensibile percentuale di veicoli in condizioni di accelerazione o decelerazione, e non è stabile nel tempo (ovvero avvengono improvvise variazioni di flusso in brevi intervalli di tempo) come anche nello spazio (in ogni momento si possono verificare concentrazioni irregolari di veicoli nel tratto stradale in esame). Comunque è possibile definire una velocità media globale, come un valore stabile e ripetitivo per un periodo di tempo sufficientemente lungo.

Questo tipo di flusso è caratteristico delle strade del centro città, sulle principali arterie in condizioni di “quasi saturazione”, in strade con numerosi accessi od incroci, in parcheggi ed in prossimità di attraversamenti pedonali.

□ Flusso pulsante accelerato

In tali condizioni una significativa percentuale di veicoli si muove in accelerazione, e pertanto il concetto di velocità ha significato solo su brevi tratti di strada e non è mai stabile. Questa situazione è tipica di una strada di scorrimento veloce dopo un incrocio o in ingresso ad un'autostrada.

□ Flusso pulsante decelerato

Questa condizione, esattamente opposta alla precedente, si concretizza in genere in avvicinamento ad un incrocio principale o in uscita da un'autostrada, quando gran parte dei Veicoli sono in decelerazione.

2.3.4 Calcolo dell'emissione

La Guide du bruit des Transports Terrestres "Prevision des niveaux sonores" del CETUR non fornisce i valori di potenza dei diversi veicoli nelle varie condizioni di impiego e sulle diverse tipologie di pavimentazioni/infrastruttura, ma ricorre al concetto di "isofona di riferimento".

Relativamente a tale isofona, viene calcolata l'emissione sonora **E**, ovvero il livello equivalente sul periodo di un'ora, dovuto al transito di un singolo veicolo su un punto situato a 30 metri dal bordo della sede stradale e a 10 metri di altezza, in assenza di ostacoli ed in presenza di un suolo riflettente, nelle ipotesi di strada rettilinea. Il valore dell'emissione **E** è fornito dalla formula:

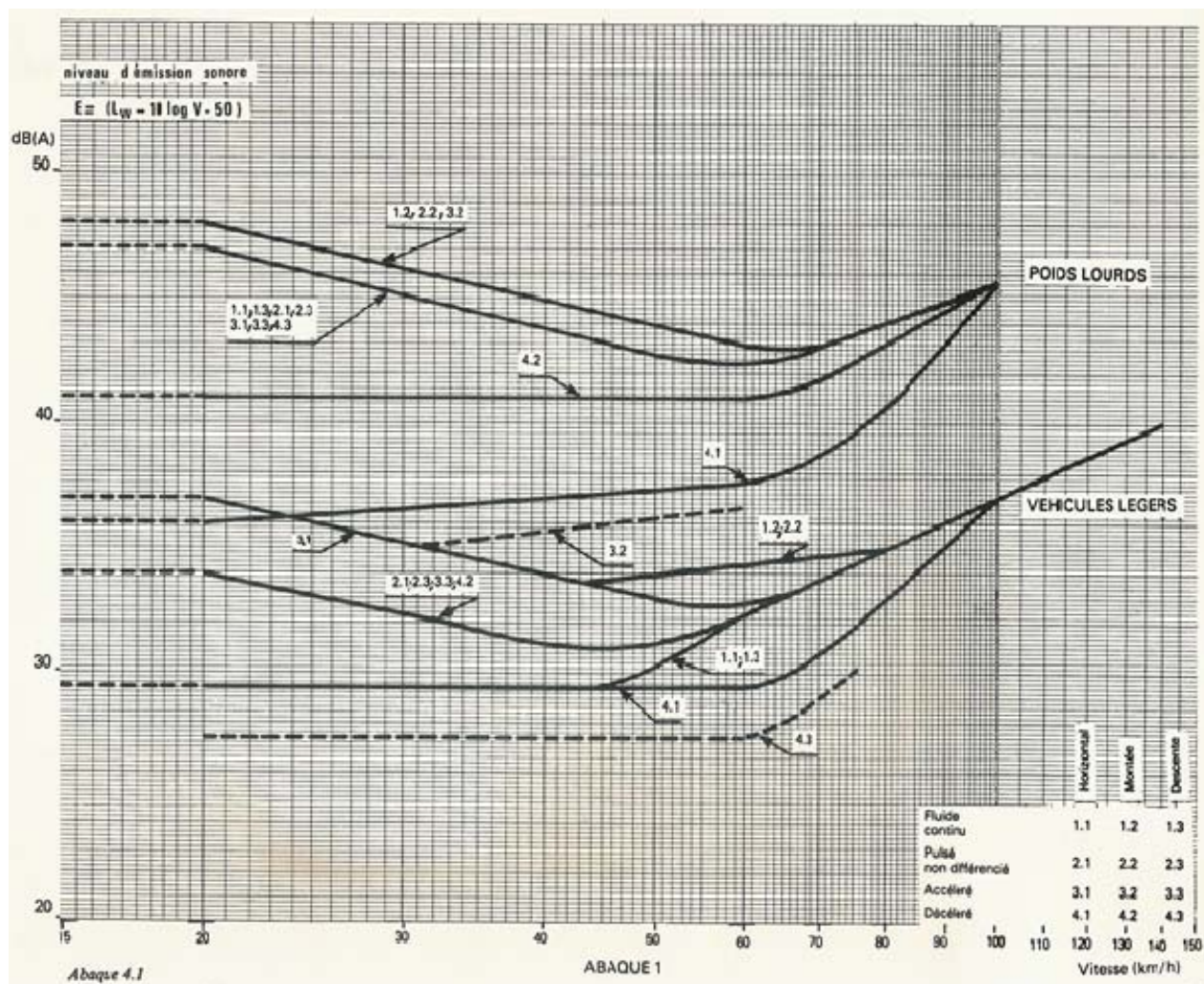
$$E = (L_w - 10 \log V - 50) \quad [13]$$

dove:

V è la velocità media del flusso dei Veicoli, definite come la velocità che viene raggiunta o superata da almeno il 50% dei veicoli, o la velocità media maggiorata di ½ della deviazione standard.

L_w è la potenza sonora del singolo veicolo.

La seguente figura riporta i valori di **E** differenziati fra veicoli leggeri e pesanti.



2.3.5. Modello di sorgente

Il metodo XP-S 31-133 richiede come dati di input i valori di potenza sonora ponderata A per metro di infrastruttura stradale, ovvero la grandezza $L_{Aw/m}$, come riportato dalla formula [6].

Il livello di potenza sonora L_{Awi} , in dB(A), di una sorgente puntuale composta i in una determinata banda di

ottava j è calcolato a partire dal valore di emissione sonora E fornito dal precedente nomogramma, per veicoli leggeri e pesanti, utilizzando la seguente relazione:

$$L_{Awi} = L_{Aw/m} + 10\lg(li) + R(j) \quad [14]$$

dove:

$L_{Aw/m}$ è la potenza sonora per metro di strada della specifica sorgente per banda di ottava, data da :

$$L_{Aw/m} = [(E_{lv} + 10\lg(Q_{lv})) \oplus (E_{hv} + 10\lg(Q_{hv}))] + 20$$

dove:

E_{lv} è il valore di emissione sonora per veicoli leggeri, ricavabile dal precedente nomogramma E_{hv} è il valore di emissione sonora per Veicoli pesanti, ricavabile dal precedente nomogramma Q_{lv} è il volume di traffico di veicoli leggeri, nel periodo di riferimento

Q_{hv} è il flusso di veicoli pesanti, nel periodo di riferimento

$\oplus$ e la somma energetica di livelli data da : $L1 \oplus L2 = 10 \log[10^{(L1/10)} + 10^{(L2/10)}]$

li è la lunghezza della porzione di sorgente rettilinea rappresentata dalla singola sorgente puntiforme i

$R(j)$ è il valore spettrale in dB(A), per ciascuna banda j dato dalla seguente tabella

N° banda	Frequenza [hz]	Valore di R_j
1	125	- 14.5
2	250	-10.2
3	500	-7.2
4	1000	-3.9
5	2000	-6.4
6	4000	-11.4

3. ADATTAMENTO DEL CODICE DI CALCOLO NMPB96

3.1 GENERALITÀ

Come riportato nei paragrafi precedenti, per il rumore da traffico stradale e per la mappatura degli assi stradali principali, la direttiva END consiglia l'uso del metodo di calcolo ufficiale francese «NMPB-Routes-96 (SETRACERTU-LCPC-CSTB)», citato nell'«Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6» e nella norma francese «XPS 31-133». La stessa direttiva, nell'allegato B comma 2.2. evidenzia che i dati di ingresso di ingresso concernenti l'emissione fanno capo al documento «Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prévision des niveaux sonores, CETUR 1980».

Nel comma 3.1.1. della Raccomandazione della Commissione del 6 agosto 2003 concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore del traffico stradale, si evidenzia che “ *nel 2002 le autorità francesi hanno avviato un progetto destinato a rivedere i valori di emissione*” e successivamente si riporta il concetto che se “*lo Stato membro che adotti questo metodo provvisorio di calcolo desidera aggiornare i fattori di emissione, si raccomanda il procedimento di misurazione di seguito descritto: il livello di emissione acustica di un veicolo è caratterizzato dal massimo livello sonoro di passaggio L_{Amax} in dB misurato a 7,5 m dall'asse di spostamento del veicolo; tale livello sonoro è*

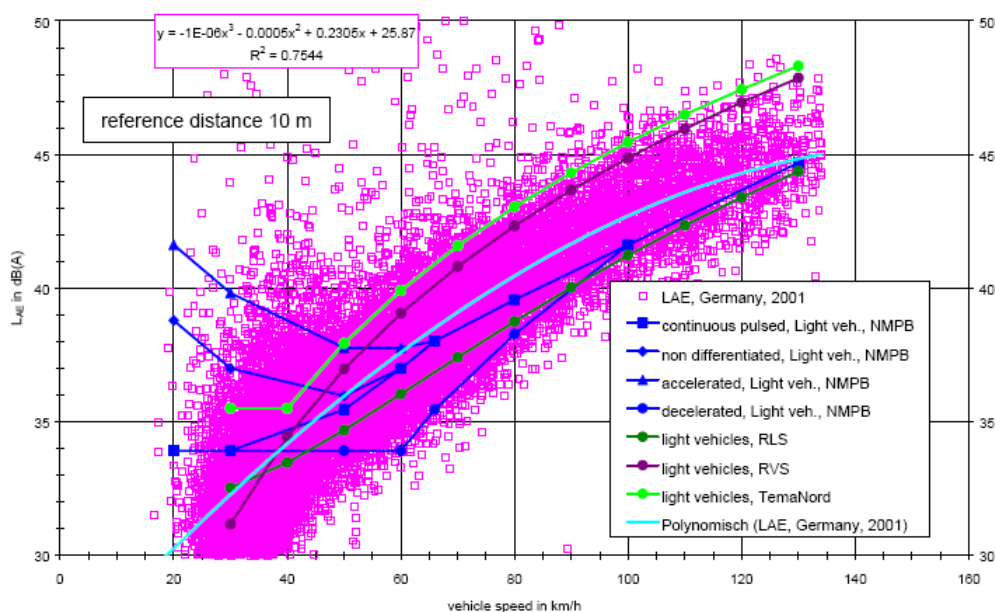
determinato separatamente per diversi tipi di veicolo, velocità e flussi di traffico; l'inclinazione stradale è individuata, ma la superficie stradale non è presa in considerazione in modo esplicito".

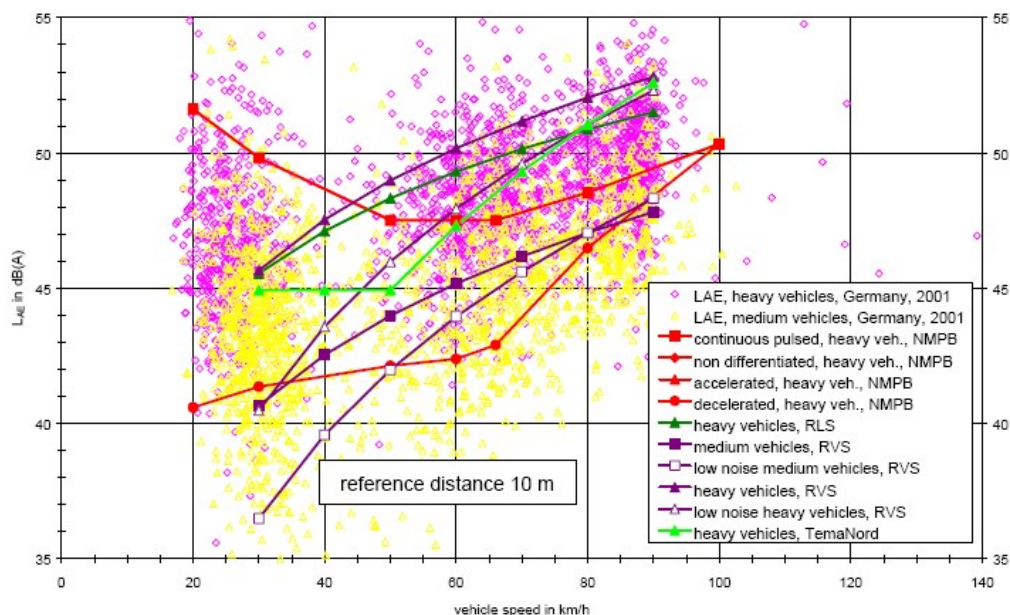
La metodologia di misura sommariamente descritta nella raccomandazione del 6 agosto 2003, è più dettagliatamente specificata nella norma UNI-ISO 11819-1 "Statistical pass-by": al fine di rendere più accurate le simulazioni effettuate allo scopo di mappare acusticamente la propria rete, Autostrade per l'Italia S.p.a. ha portato a termine specifiche campagne seguendo tale procedura.

3.2 AGGIORNAMENTO DELLA BANCA DATI DI EMISSIONE

3.2.1 Stato dell'arte

La necessità di procedere all'aggiornamento della banca dati è evidenziata dalle seguenti figure, che evidenziano le notevoli differenze riscontrate nei dati di emissione relativi al parco veicoli/tipologia di pavimentazioni di nazioni europee (risultati della ricerca **"Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping"** commissionata dalla DG Environment nel 2002 alla socie Wölfel Meßsysteme Software GmbH & Co.





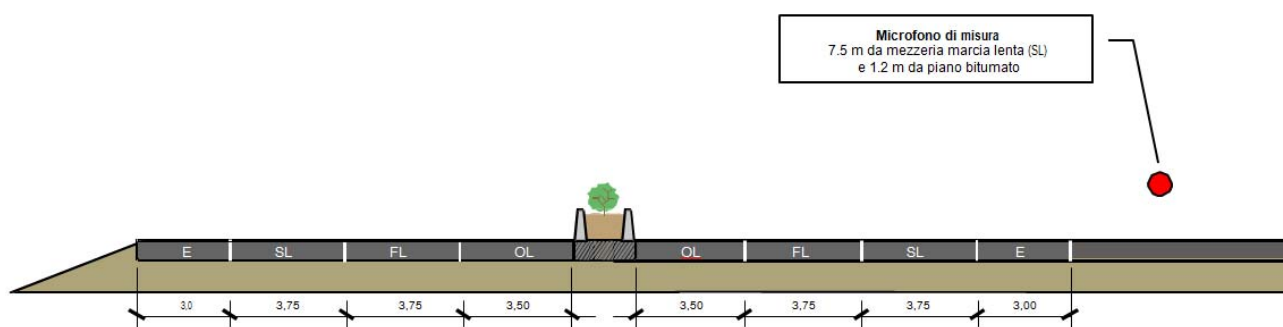
secondo quanto definito dalla norma XPS 31-133 e a norma delle specifiche della «Guide du Bruit 1980», il livello di potenza sonora L_w e l'emissione acustica E sono stati calcolati dal livello di pressione sonora misurata L_p e dalla velocità del veicolo V mediante:

$$L_w = L_p + 25,5 \quad \text{ed} \quad E = (L_w - 10 \log V - 50)$$

Tali formule sono state utilizzate per calcolare i livelli di potenza a partire dai risultati delle misure di seguito descritte.

3.2.2 Misure di statistical pass-by

Le modalità di misura sono schematicamente riportate nella figura seguente, da cui si evidenzia come la posizione standard del microfono sia a 7.5 m di distanza dall'asse di marcia.



Per la misura delle velocità di transito è stato utilizzato un telelasar con precisione di $\pm 3\%$, mentre il rispetto delle condizioni meteorologiche previste dalla norma è stato effettuato con un monitoraggio continuativo di temperatura, umidità, intensità e direzione vento.

Categorie veicoli e condizioni di flusso

Si sono valutate le pavimentazioni drenanti tradizionali di più comune impiego sulla rete di Autostrade per l'Italia S.p.a., ovvero le pavimentazioni di tipo chiuso su più tratti di competenza.

Le misure sono state eseguite per le diverse categorie di veicoli definiti dalla procedura UNI-ISO, ovvero:

1a. Autovetture:

- ☐ Autovetture passeggeri;

1b. Altri veicoli leggeri:

- ☐ Autovetture con rimorchio;
- ☐ Autovetture con roulotte;
- ☐ Furgoncini leggeri e veicoli per trasporto di merci con un massimo di 4 ruote;
- ☐ Minibus o furgoncini per trasporto persone con un massimo di 4 ruote;
- ☐ Camper;

2a. Veicoli pesanti a doppio assale:

- ☐ Autocarri commerciali con 2 assali e più di 4 ruote;
- ☐ Autobus e pullman con 2 assali e più di 4 ruote;

2b. Veicoli pesanti multiassale:

- ☐ Autocarri, autobus e pullman con più di 2 assali;

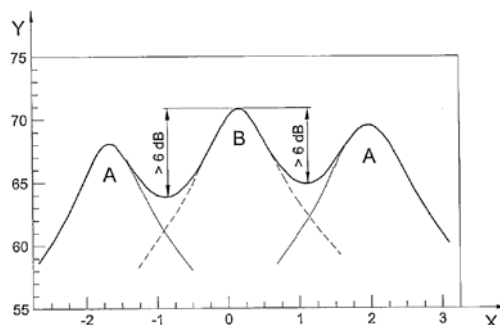
Al fine di rendere compatibili i dati rilevati con quanto richiesto dal modello NMPB 96, le diverse categorie sono state successivamente raggruppate nelle categorie principali:

- ☐ **Veicoli leggeri** = categorie 1a + 1b
- ☐ **Veicoli pesanti** = categorie 2a + 2b

Il procedimento di misurazione ha previsto il posizionamento del microfono ad una distanza di circa 1.2 m ($\pm$

0.1) sul piano stradale, ed ad una distanza orizzontale dalla postazione del microfono all'asse della corsia lungo la quale viaggiano i veicoli da rilevare di 7.5 m ($\pm$ 0.1).

Le misurazioni sono state effettuate esclusivamente su dei veicoli che rientrano chiaramente in una delle categorie precedentemente descritte, su passaggi di singoli veicoli che possono essere distinti chiaramente dal resto del traffico stradale (appena prima e subito dopo il passaggio di un veicolo per cui è prevista la misurazione, il livello di pressione sonora ponderato A è stato di almeno 6 dB minore del massimo livello di pressione sonora ponderato A durante il passaggio).



I dati ottenuti dalle elaborazioni dei singoli passaggi sono stati quindi riportati in tabelle e suddivisi in base alle categorie di appartenenza dei veicoli misurati:

E' stata in seguito effettuata una normalizzazione dei dati, mediante un'analisi di regressione lineare dei livelli di pressione sonora sulla velocità, usando coppie di dati consistenti del livello massimo sonoro ponderato A, a confronto con il logaritmo (base 10) della velocità di ogni veicolo transitato. Tale regressione lineare è stata adattata ai punti dati per ciascuna categoria di veicoli separata, usando il metodo dei minimi quadrati.

I risultati sono in seguito stati interpolati in modo da ottenere curve SEL/velocità tramite cui implementare le banche dati input.

Al fine di aggiornare il data base di emissione considerando l'invecchiamento delle pavimentazioni ed il rinnovamento del parco veicoli transitante sulla rete, Autostrade per l'Italia ha effettuato delle campagne estese di misura dei livelli di emissione dei veicoli. I risultati sono stati elaborati ed implementati nelle banche dati di emissione del codice di calcolo utilizzato.

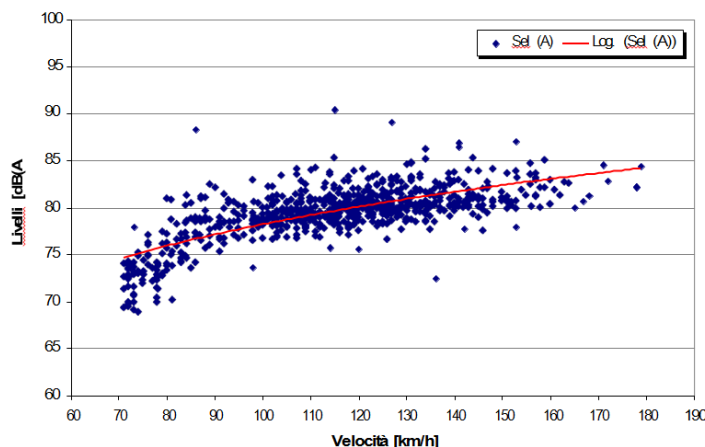
Di seguito è un esempio dei risultati presso un sito di misura al km 83+500 sulla A26 (direzione nord). Nello stesso sito le misure di pass-by eseguite nell'anno 2012 sono state aggiornate nell'anno 2016, esaminando anche la direttività della sorgente a diverse altezze sul piano stradale.



Sistema di misura



Pavimentazione



Le elaborazioni di tutte le classi di veicoli sulle diverse tipologie di pavimentazione hanno prodotto l'aggiornamento e l'attualizzazione delle banche dati di emissione che sono state utilizzate per la calibrazione del modello come descritto nel capitolo seguente.

4. CONFRONTO TRA MODELLO DI CALCOLO NMPB 96 CON DIVERSE BANCHE DATI

L'implementazione della banca dati della reale emissione sonora del traffico autostradale Italiano all'interno del codice di calcolo NMPB 96 aveva condotto nella prima edizione delle mappature finalizzate all'attuazione della Direttiva 2002/49/CE allo studio di un caso pilota nella località di Ferentino [attraversato dall'autostrada A1 Milano – Napoli tra le progressive km 612+652 ed il km 620+138].

Lo scopo era stato quello di verificare, su una morfologia ricomprendente le principali sezioni di attraversamento stradale, la miglior rispondenza alla realtà di quanto modellizzato utilizzando il data base ricavato dai valori di emissione della "Guide du Bruit des Transports Terrestres" del CETUR e la banca dati Italiana ricavata con la metodologia della norma UNI-ISO 11819-1.

I risultati di tale studio avevano condotto alle seguenti conclusioni:

- La procedura di calcolo raccomandata dalla Direttiva END come metodo ad interim fornisce in genere valori sovrastimati rispetto ai risultati di monitoraggi acustici;
- Utilizzando la procedura NMPB 96 e la banca dati di Autostrade per l'Italia SpA, il valore medio della sovrastima è pari a 0.6 dB(A) nel periodo diurno e 0.2 dB(A) nel periodo notturno;
- Utilizzando la procedura NMPB 96 e la banca dati di Autostrade per l'Italia SpA, tutti i valori calcolati nei diversi punti di misura rientrano nell'intervallo di ± 2 dB(A) rispetto ai risultati delle misurazioni effettuate negli stessi punti;

- Utilizzando la procedura NMPB 96 e la banca dati "Guide du Bruit des Transports Terrestres", il valore medio della sovrastima è pari a 2.7 dB(A) nel periodo diurno e 2.2 dB(A) nel periodo notturno;
- Utilizzando la procedura NMPB 96 e la banca dati "Guide du Bruit des Transports Terrestres", il 70% dei dati di calcolo differisce per più di ± 2 dB(A) rispetto ai risultati delle misurazioni effettuate negli stessi punti;

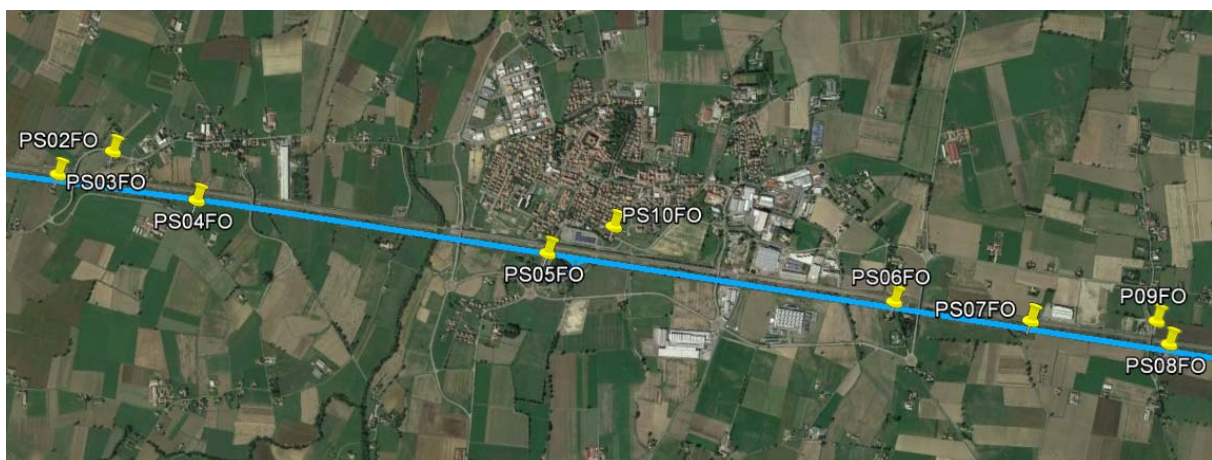
Alla luce di tali risultati ed al fine di rendere la mappatura acustica più rispondente ai dati reali si è pertanto adottata la banca dati dedotta dagli specifici rilievi di pass by effettuati lungo la rete di Autostrade per l'Italia ed aggiornata per le finalità del presente aggiornamento di Legge.

4.1.1 Calibrazione del modello

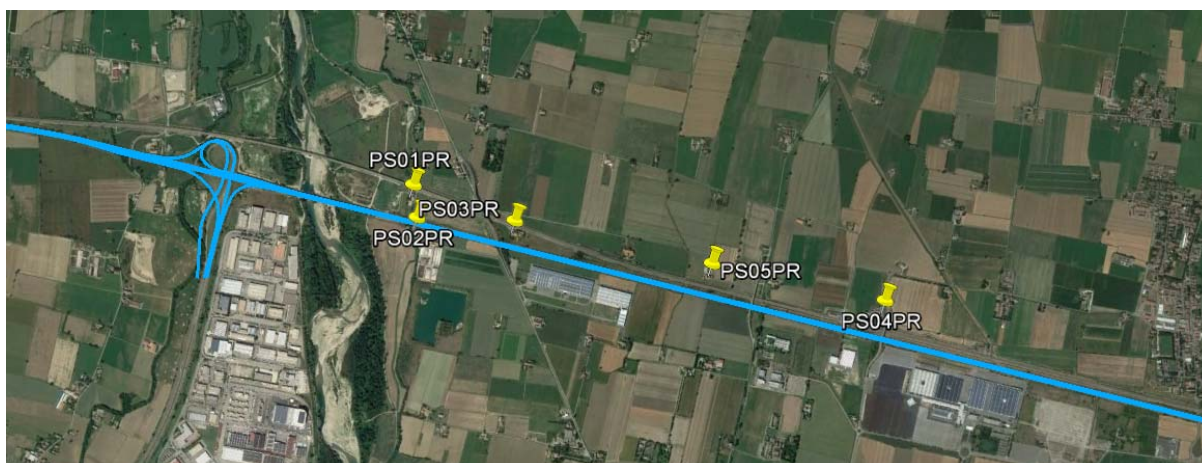
Al fine di validare il modello sull'aggiornamento della banca dati sono stati effettuati dei monitoraggi acustici specifici lungo la autostrada A1 tra il km 87+660 ed il km 107+300, nelle province di Parma e Piacenza. Il posizionamento di tali punti è riportato nella figure seguenti:



Autostrada A1 [Comune di Fidenza]



Autostrada A1 [Comune di Fontanellato]



Autostrada A1 [Comune di Parma]

Ogni monitoraggio acustico ha avuto la durata minima di una settimana ed è stato accompagnato da rilievi meteo e di traffico finalizzati ad una puntuale e precisa descrizione del fenomeno.

I risultati emersi sono i seguenti:

Comune	Nome Punto	Livello simulato [dB(A)]		Livello misurato [dB(A)]		Differenza Simulato - Misurato [dB]	
		day	night	day	night	day	night
Fidenza	PS05FI	59.5	55.4	57.3	55.3	2.2	0.1
Fidenza	PS06FI	67.9	63.9	67.5	63.1	0.4	0.8
Fidenza	PS07FI	68.3	62.1	67.3	60.8	1.0	1.3
Fidenza	PS08FI	66.0	62.1	65.8	61.8	0.2	0.3
Fidenza	PS09FI	67.9	64.0	68.4	64.6	-0.5	-0.6
Fidenza	PS11FI	60.4	56.1	58.1	56.0	2.3	0.1
Fontanellato	PS01FO	64.0	60.0	62.5	58.9	1.5	1.1
Fontanellato	PS02FO	61.6	57.2	59.1	56.0	2.5	1.2
Fontanellato	PS03FO	73.7	69.6	72.8	68.9	0.9	0.7
Fontanellato	PS04FO	66.8	62.5	65.2	61.7	1.6	0.8
Fontanellato	PS05FO	63.2	59.2	62.4	59.3	0.8	-0.1
Fontanellato	PS06FO	69.6	65.6	69.7	66.2	-0.1	-0.6
Fontanellato	PS07FO	71.4	67.3	70.7	67.1	0.7	0.2
Fontanellato	PS08FO	70.2	65.9	69.7	65.7	0.5	0.2
Fontanellato	PS09FO	62.7	58.5	62.0	56.2	0.7	2.3
Fontanellato	PS10FO	58.4	54.4	57.4	52.0	1.0	2.4
Parma	PS01PR	62.3	58.3	62.5	58.0	-0.2	0.3
Parma	PS02PR	62.7	58.4	61.8	56.2	0.9	2.2
Parma	PS03PR	67.0	63.2	67.1	62.5	-0.1	0.7
Parma	PS04PR	62.2	57.7	62.3	55.1	-0.1	2.6
Parma	PS05PR	63.6	57.4	62.5	55.4	1.1	2.0

Viene confermata la tendenza media del modello a sovrastimare i livelli il che è spiegabile dal momento che non possono essere tenuti in considerazione effetti della vegetazione ed altri fenomeni di minore importanza.

Mediamente il modello risulta sovrastimare di 0.8 dB nel periodo diurno e 0.9 dB nel periodo notturno, quindi abbondantemente entro i ± 2 dB ritenuti normativamente accettabili come approssimazione.

5. MODALITÀ DI PRESENTAZIONE AGLI AGGLOMERATI

5.1 DATI DA TRASMETTERE ALLA COMMISSIONE

I requisiti minimi per le mappe acustiche strategiche relative ai dati da trasmettere alla Commissione figurano nell'allegato VI della Direttiva 2002/49/CE, ai punti 1.5, 1.6, 2.5, 2.6 e 2.7.

In particolare, gli Agglomerati devono trasmettere i dati indicati ai punti 1.5 ed 1.6:

“1.5. Il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. Le cifre vanno arrotondate al centinaio per eccesso o per difetto: (ad esempio: 5 200 = tra 5 150 e 5 249; 100 = tra 50 e 149; 0 = meno di 50).

Si dovrebbe inoltre precisare, ove possibile e opportuno, quante persone negli intervalli di cui sopra occupano abitazioni dotate di:

— *insonorizzazione speciale dal particolare rumore in questione, ossia insonorizzazione speciale degli edifici da uno o più tipi di rumore ambientale, in combinazione con gli impianti di ventilazione o condizionamento di aria del tipo che consente di mantenere elevati valori di insonorizzazione dal rumore ambientale,*

— *una facciata silenziosa, ossia la facciata delle abitazioni in cui il valore di L_{den} a 4 m di altezza dal suolo e a 2 m di distanza dalla facciata, per i rumori emessi da una specifica sorgente, sia inferiore di oltre 20 dB a quello registrato sulla facciata avente il valore più alto di L_{den} .*

Precisare inoltre in che misura gli assi stradali e ferroviari principali e gli aeroporti principali, definiti all'articolo 3 della presente direttiva, contribuiscono ai fenomeni summenzionati.”

“1.6 Il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{night} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. Questi dati potranno altresì essere valutati per la fascia 45-49 anteriormente alla data prevista all'articolo 11, paragrafo 1.

Si dovrebbe inoltre precisare, ove possibile e opportuno, quante persone negli intervalli di cui sopra occupano abitazioni dotate di:

— *insonorizzazione speciale dal particolare rumore in questione, secondo la definizione di cui al punto 1.5,*

— *una facciata silenziosa, secondo la definizione di cui al punto 1.5.*

Precisare inoltre in che misura gli assi stradali e ferroviari principali e gli aeroporti principali contribuiscono ai fenomeni summenzionati”.

Nei paragrafi che seguono sono illustrati dati forniti da parte di Autostrade per l'Italia agli Enti gestori degli agglomerati, che consentiranno il pieno adempimento della direttiva da parte degli stessi Enti, per quanto concerne le infrastrutture stradali di competenza ASPI.

5.2 STRATI INFORMATIVI IN FORMATO XLS

Per ogni agglomerato è stato predisposto il file NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_Road.xls, contenente:

- Il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75,
- Il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{night} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70

Naturalmente, il file contiene i dati riferiti alla sola esposizione al rumore proveniente dalle infrastrutture in gestione Autostrade per l'Italia. Per ogni singolo edificio, nel caso in cui vi siano sovrapposizioni di effetti con il rumore generato da altre infrastrutture di trasporto non gestite da Autostrade per l'Italia o da sorgenti industriali, il reporting per l'agglomerato dovrà essere aggiornato di conseguenza. Per tale scopo sono stati resi disponibili gli strati informativi in formato shapefile che possono essere utilizzati per eseguire la sovrapposizione degli effetti.

5.3 STRATI INFORMATIVI IN FORMATO SHP

Per ogni agglomerato (codificato nel seguito "XXX") vengono restituiti i seguenti dati, in formato shapefile geo-riferito in coordinate UTM WGS84 32N:

- XXX_CONFINI_AGGLOMERATO.shp,
- XXX_EDIFICI.shp,
- XXX_ESPOSIZIONE_FACCIAE.shp,
- XXX_INTERVENTI_ESISTENTI.shp,
- XXX_PUNTI_MAPPA.shp,
- XXX_SORGENTI.shp,
- XXX_IT_a_DF1_5_2017_Roads_IT_a_rd0002_Location.shp,
- XXX_IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0002_NoiseAreaMap_Lden.shp,
- XXX_IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0002_NoiseAreaMap_Lnight.shp,
- XXX_IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0002_NoiseContourMap_Lden.shp,
- XXX_IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0002_NoiseContourMap_Lnight.shp

Nel seguito del paragrafo è descritto il contenuto degli shapefile, nonché il significato ed il formato dei singoli attributi degli oggetti che possono essere utilizzati dagli enti gestori degli agglomerati per la redazione della mappatura acustica strategica.

XXX_CONFINI_AGGLOMERATO

Vengono riportati i confini amministrativi del comune o del raggruppamento di comuni che costituiscono l'agglomerato.

Tipo Oggetto:	POLIGONO	Sistema di coordinate:	WGS84 32N
Attributo	Tipo	Significato	
REGIONE	Testo	Regione di appartenenza	
AGGLOMERAT	Testo	Nome agglomerato	

XXX_EDIFICI

Viene riportato l'edificio considerato nella mappatura acustica.

Tipo Oggetto:	POLIGONO	Sistema di coordinate:	WGS84 32N
Attributo	Tipo	Significato	
VOLUME	Numerico	Volume edificio	
HEIGHT	Numerico	Altezza edificio	
GROUNDLEVEL	Numerico	Quota di base	
DEST_USO	Testo	Destinazione d'uso: Residenziale, Non Residenziale, Ospedale, Scuola	

XXX_ESPOSIZIONE_FACCIAE

Vengono riportati, per ogni edificio, il punto di esposizione massima e, se presenti, le facciate silenziose.

Tipo Oggetto:	PUNTO	Sistema di coordinate:	WGS84 32N
Attributo	Tipo	Significato	
QUOTA	Numerico	Quota assoluta del punto	
NOISYWALL	Numerico	Valorizzato a 1 in per punti di massima esposizione	
SILENTWALL	Numerico	Valorizzato a 1 in per facciate silenti	
LEQDENA0	Numerico	Livello di esposizione den in dB(A)	
LEQNA0	Numerico	Livello di esposizione night in dB(A)	

XXX_INTERVENTI ESISTENTI

Vengono riportati gli interventi di mitigazione antirumore esistenti e censiti nel corso della mappatura; in alcuni casi sono riportati anche interventi eseguiti da soggetti diversi da ASPI, ma che possono influire sulla propagazione del rumore autostradale.

Tipo Oggetto:	POLILINEA	Sistema di coordinate:	WGS84 32N
Attributo	Tipo	Significato	
STYPE	Testo	Tipo di intervento: Barriera antirumore, copertura, etc..	

HEIGHT	Numerico	Altezza in metri rispetto al piano stradale
MANAGER	Testo	Ente manutentore dell'intervento

XXX_PUNTI_MAPPA

Sono riportati tutti i punti di calcolo della griglia equi-spaziata 10 x 10 metri, su cui sono state eseguite le simulazioni acustiche (si osservi che i valori sono stati calcolati effettivamente in tutti i punti, senza interpolazioni). Questo strato informativo può essere utilizzato dagli enti per calcolare la sovrapposizione degli effetti, eventualmente simulando il contributo di altre sorgenti acustiche negli stessi punti di calcolo.

Tipo Oggetto:	PUNTO	Sistema di coordinate:	WGS84 32N
Attributo	Tipo	Significato	
QUOTA	Numerico	Quota assoluta del punto di calcolo	
LEQDENA0	Numerico	Livello den in dB(A)	
LEQNA0	Numerico	Livello night in dB(A)	

XXX_SORGENTI

Sono riportati i dati caratteristici di tutte le sorgenti stradali considerate nella mappatura acustica.

Tipo Oggetto:	POLILINEA	Sistema di coordinate:	WGS84 32N
Attributo	Tipo	Significato	
RNAME	Testo	Nome della strada	
SOURCENAME	Testo	Nome della sezione stradale, dettaglio rispetto a RNAME	
RTYPE	Testo	Categoria stradale	
TRAFFICODS	Testo	Traffico diurno nelle 14 ore suddiviso per velocità e tipo di veicolo, rappresentato come numero di auto, velocità, numero di commerciali leggeri, velocità, numero di veicoli pesanti, velocità, numero di autoarticolati, velocità, numero di motoveicoli, velocità.	
TRAFFICOE	Testo	Traffico serale nelle 2 ore suddiviso per velocità e tipo di veicolo, rappresentato come numero di auto, velocità, numero di commerciali leggeri, velocità, numero di veicoli pesanti, velocità, numero di autoarticolati, velocità, numero di motoveicoli, velocità.	
TRAFFICON	Testo	Traffico notturno nelle 8 ore suddiviso per velocità e tipo di veicolo, rappresentato come numero di auto, velocità, numero di commerciali leggeri, velocità, numero di veicoli pesanti, velocità, numero di autoarticolati, velocità, numero di motoveicoli, velocità.	

XXX_IT_a_DF1_5_2017_Roads_IT_a_rd0002_Location

Vengono riportati i dati richiesti per la mappatura END delle infrastrutture stradali, contenuti nell'allegato DF1_DF5.

Tipo Oggetto:	POLILINEA	Sistema di coordinate:	WGS84 32N
Attributo	Tipo	Significato	
RPENT_CD	Testo	Reporting entity unique code: "a"	
UNROADID	Testo	Unique road ID: identificativo univoco della sorgente stradale	
RCOMPNAME	Testo	Autostrade per l'Italia	
RDNAME	Testo	Nome della strada	
ROADLENGH	Numerico	Lunghezza della strada in chilometri	
NUMVEHI	Numerico	Numero annuo di veicoli	

XXX_IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0002_NoiseAreaMap_Lden

Vengono riportati i dati richiesti per la mappatura END delle infrastrutture stradali, contenuti nell'allegato DF4_DF8. Sono riportati fino a un massimo di 7 poligoni multi-parte, ognuno corrispondente ad una fascia di livello Lden in dB(A): <50, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-75, >75. Per ogni poligono sono presenti i seguenti attributi:

Tipo Oggetto:	POLIGONO	Sistema di coordinate:	WGS84 32N
Attributo	Tipo	Significato	
RPENT_CD	Testo	Reporting entity unique code: "a"	
CTRY_CD	Testo	Country code: "IT"	
UNROADID	Testo	Unique road ID: identificativo univoco della sorgente stradale	
NOISEVAL	Testo	Fascia di livello Lden: <50, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, 70-75, >75	
ALDEN	Numerico	Area in kmq corrispondente alla fascia di livello Lden	
DLDEN	Numerico	Numero di edifici esposti a livelli massimi compresi nella fascia di livello Lden	
PLDEN	Numerico	Numero di persone esposte a livelli massimi compresi nella fascia di livello Lden	

XXX_IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0002_NoiseAreaMap_Lnight

Vengono riportati i dati richiesti per la mappatura END delle infrastrutture stradali, contenuti nell'allegato DF4_DF8. Sono riportati fino a un massimo di 7 poligoni multi-parte, ognuno corrispondente ad una fascia di livello Lnight in dB(A): <45, 45-50, 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70. Per ogni poligono sono presenti i seguenti attributi:

Tipo Oggetto:	POLIGONO	Sistema di coordinate:	WGS84 32N
Attributo	Tipo	Significato	
RPENT_CD	Testo	Reporting entity unique code: "a"	
CTRY_CD	Testo	Country code: "IT"	
NOISEVAL	Testo	Fascia di livello Lnight: <45, 45-50, 50-54. 55-59, 60-64, 65-69, >70	
UNROADID	Testo	Unique road ID: identificativo univoco della sorgente stradale	
PLNIGHT	Numerico	Numero di persone esposte a livelli massimi compresi nella fascia di livello Lnight	

XXX_IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0002_NoiseContourMap_Lden

Vengono riportati i dati richiesti per la mappatura END delle infrastrutture stradali, contenuti nell'allegato DF4_DF8. Sono riportati fino a un massimo di 6 polilinee multi-parte, ognuna corrispondente ad un isolivello Lden in dB(A): 50, 55, 60, 65, 70, 75. Per ogni polilinea sono presenti i seguenti attributi:

Tipo Oggetto:	POLILINEA	Sistema di coordinate:	WGS84 32N
Attributo	Tipo	Significato	
RPENT_CD	Testo	Reporting entity unique code: "a"	
CTRY_CD	Testo	Country code: "IT"	
UNROADID	Testo	Unique road ID: identificativo univoco della sorgente stradale	
NOISEVAL	Numerico	Linea di livello Lden: 50, 55, 60, 65, 70, 75	

XXX_IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0002_NoiseContourMap_Lnight

Vengono riportati i dati richiesti per la mappatura END delle infrastrutture stradali, contenuti nell'allegato DF4_DF8. Sono riportati fino a un massimo di 6 polilinee multi-parte, ognuna corrispondente ad un isolivello Lnight in dB(A): 45, 50, 55, 60, 65, 70. Per ogni polilinea sono presenti i seguenti attributi:

Tipo Oggetto:	POLILINEA	Sistema di coordinate:	WGS84 32N
Attributo	Tipo	Significato	
RPENT_CD	Testo	Reporting entity unique code: "a"	
CTRY_CD	Testo	Country code: "IT"	
UNROADID	Testo	Unique road ID: identificativo univoco della sorgente stradale	
NOISEVAL	Numerico	Linea di livello Lnight: 45,50, 55, 60, 65, 70	

6. BIBLIOGRAFIA

- 1) Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.
- 2) Raccomandazione della Commissione del 6 agosto 2003 (2003/613/CE) , concernente le" Linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità".
- 3) European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise -(WG-AEN), Position Paper Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, January 2006.
- 4) Direttiva UE 2015/996 del 19 maggio 2015 che stabilisce metodi comuni per la determinazione del rumore a norma della direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio
- 5) MATTM: Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/05) – Specifiche tecniche versione 2.0 del 18 maggio 2012
- 6) MATTM: 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 2012