



**MAPPATURA ACUSTICA DELLA RETE DI
AUTOSTRADA BRESCIA – VERONA – VICENZA - PADOVA
DECRETO LEGISLATIVO 19 AGOSTO 2005, N° 194
ATTUAZIONE DELLA DIRETTIVA 2002/49/CE RELATIVA ALLA
DETERMINAZIONE E GESTIONE DEL RUMORE AMBIENTALE.**



INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.1	DECRETO LEGISLATIVO 19 AGOSTO 2005, N.194, COME MODIFICATO DAL DECRETO MATT N°42 DEL FEBBRAIO 2017	4
2.2	RACCOMANDAZIONE DELLA COMMISSIONE 6 AGOSTO 2003, N. 2003/613/CE.....	6
2.3	EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP ASSESSMENT OF EXPOSURE TO NOISE (WG – AEN) "GOOD PRACTICE GUIDE FOR STRATEGIC NOISE MAPPING AND THE PRODUCTION OF ASSOCIATED DATA ON NOISE EXPOSURE – VERSION 2, 13 TH AUGUST 2007"	6
2.4	LINEE GUIDA DELLA COMMISSIONE PER LA COMPILAZIONE DEI QUESTIONARI DA TRASMETTERE ALLA COMMISSIONE	7
2.5	PREDISPOSIZIONE E CONSEGNA DELLA DOCUMENTAZIONE DIGITALE RELATIVA ALLE MAPPATURE ACUSTICHE E MAPPE ACUSTICHE STRATEGICHE (D.LGS. 194/05) - SPECIFICHE TECNICHE	7
3	IMPOSTAZIONE METODOLOGICA GENERALE.....	8
4	DESCRIZIONE GENERALE DELL'INFRASTRUTTURA STRADALE	10
5	CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA CIRCOSTANTE	13
6	I PROGRAMMI DI CONTENIMENTO DEL RUMORE ATTUATI IN PASSATO E LE MISURE ANTIRUMORE IN ATTO	14
7	I METODI DI CALCOLO O DI MISURAZIONE APPLICATI	15
8	DATI STATISTICI.....	37
9	MATERIALE TRASMESSO	40
10	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	44



1 PREMESSA

Il presente lavoro riguarda l'aggiornamento della mappatura acustica secondo il D. Lgs. 194 del 19/08/2005 "Attuazione della direttiva 2002/49 CE", relativamente alle infrastrutture stradali principali di competenza di Autostrada Bs-Vr-Vi-Pd S.p.A., e su cui transitano più di 3.000.000 di veicoli l'anno.

Il lavoro è stato redatto sulla base dei riferimenti normativi vigenti e sulle documentazioni tecniche disponibili, sia nazionali che internazionali.

In particolare, oltre al citato Decreto Legislativo 194/05, si è tenuto espressamente conto:

- raccomandazione della Commissione 2003/613/CE del 6 agosto 2003 concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità;
- Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure - version 2, 13th August 2007, predisposto dall'European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG - AEN);
- Reporting Mechanism proposed for reporting under the Environmental Noise Directive 2002/49/EC Handbook - European Commission - Directorate General Environment -Directorate C, version June 2017;
- Specifiche Tecniche del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare per "Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/05)", versione marzo 2017.

In linea generale, tenendo conto dei suddetti riferimenti normativi, lo studio è stato impostato nelle seguenti macrofasi operative:

1. definizione dell'area in cui definire la mappatura acustica;
2. calcolo dei descrittori acustici mediante modello di simulazione, utilizzando il codice di calcolo consigliato dal D.Lgs. 194/05;
3. calcolo dei dati statistici conformemente agli allegati 4 e 6 del D.Lgs. 194;
4. aggiornamento del data base di emissione della sorgente.

Si sottolinea, che tutto lo studio è stato condotto tenendo espressamente conto delle indicazioni delle Linee guida comunitarie e nazionali ed, in particolare, dei toolkits operativi riportati nell' European commission working group assessment of exposure to noise (WG - AEN).

Gli elaborati di output sono forniti su supporto informatico così come previsto dalle Linee Guida della Commissione Europea e del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2.1 DECRETO LEGISLATIVO 19 AGOSTO 2005, N.194, COME MODIFICATO DAL DECRETO MATT N°42 DEL FEBBRAIO 2017

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

Art. 1 Comma 1

- a) l'elaborazione della mappatura acustica e delle mappe acustiche strategiche;*
- b) l'elaborazione e l'adozione dei piani di azione, volti ad evitare e a ridurre il rumore ambientale laddove necessario, in particolare, quando i livelli di esposizione possono avere effetti nocivi per la salute umana, nonché ad evitare aumenti del rumore nelle zone silenziose;*
- c) assicurare l'informazione e la partecipazione del pubblico in merito al rumore ambientale ed ai relativi effetti.*

Secondo il Decreto Legislativo n. 194/05, per quanto riguarda la mappatura acustica della propria rete, Autostrada Bs-Vr-Vi-Pd S.p.A., deve rispettare le seguenti scadenze:

Entro 30 giugno 2017 (e successivamente ogni cinque anni)

Art.3 Comma 3 bis)

Nel caso di infrastrutture principali di interesse nazionale o di interesse di più regioni, compresi gli aeroporti principali, le società e gli enti gestori trasmettono la mappatura acustica e i dati di cui all'allegato 6 relativi a dette infrastrutture, riferiti al precedente anno solare, al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e alle regioni o province autonome competenti, entro il 30 giugno 2017 e, successivamente, ogni cinque anni.

Entro 31 dicembre 2017 (e successivamente ogni 5 anni)

Art. 3 Comma 4

Nel caso di servizi pubblici di trasporto e delle relative infrastrutture ricadenti negli agglomerati di cui al comma 3, lettera a), la mappatura acustica prevista al comma 3, lettera b), nonché i dati di cui all'allegato 6, sono trasmessi entro il 31 gennaio 2017 e, successivamente, ogni cinque anni. La comunicazione deve includere anche tutti i dati utilizzati quali ubicazione, dimensione e andamento plano-altimetrico dell'infrastruttura, flussi di traffico suddivisi per mezzi e relative velocità, nonché, in caso di infrastrutture stradali, tipologia del manto stradale e stato di manutenzione

Negli Articoli 5 e 6 e negli Allegati 1 e 2, sono definiti i descrittori acustici da utilizzare e sono fornite le indicazioni in merito alla loro determinazione nel caso di calcolo/rilevamento/misurazione ai fini della mappatura acustica.

In sostanza, tali articoli riportano i seguenti concetti.



- viene introdotto un nuovo parametro per la descrizione del "fastidio" provocato dal rumore e precisamente il livello eq uivalente L_{den} , definito dalla formula seguente:

$$L_{den} = 10 \times \text{Log} (14 \times 10^{L_{day}/10} + 2 \times 10^{(L_{evening}+5)/10} + 8 \times 10^{(L_{night}+10)/10}) / 24$$

Il decreto fissa il periodo diurno dalla 06.00 alle 20.00, il periodo serale dalle 20.00 alle 22.00 ed il periodo notturno dalle 22.00 alle 06.00;

- viene introdotto il parametro descrittivo del "disturbo al sonno", ovvero il livello equivalente relativo al periodo notturno, L_{night} ;
- viene ribadita la necessità di utilizzare metodi di calcolo previsionali del rumore ambientale standardizzati ed armonizzati a livello europeo; in attesa che i modelli armonizzati vengano sviluppati e validati, per il rumore del traffico veicolare, viene adottato il metodo di calcolo ufficiale francese «NMPB-Routes-96 (SETRACERTU-LCPC-CSTB)», citato nell'«Arreté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routieres, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6» e nella norma francese «XPS 31-133». Per i dati di ingresso concernenti l'emissione, questi documenti fanno capo al documento «Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prevision des niveaux sonores, CETUR 1980»;
- viene evidenziato che i metodi di calcolo previsionali devono essere adeguati alla definizione di L_{den} e L_{night} secondo quanto definito dalla raccomandazione della Commissione del 6 agosto 2003, n.2003/613/CE.

Negli Allegati 4 e 6, sono sintetizzati i requisiti minimi per la mappatura acustica: in particolare si richiede che gli elaborati debbano trattare almeno i seguenti punti (requisiti minimi).

- a. una descrizione generale della strada, indicando ubicazione, dimensioni, flussi di traffico;
- b. una caratterizzazione dell'area circostante, indicando la presenza di agglomerati, campagna o altro, e fornendo informazioni su assetto territoriale ed altre principali sorgenti di rumore;
- c. i programmi di contenimento del rumore attuati in passato e le misure antirumore in atto;
- d. i metodi di calcolo o di misurazione applicati;
- e. il numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che occupano abitazioni al di fuori degli agglomerati, esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB a 4 m di altezza e sulla facciata più esposta: da 55 a 59, da 60 a 64, da 65 a 69, da 70 a 74 e >75;
- f. il numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che occupano abitazioni al di fuori degli agglomerati urbani, esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{night} in dB a 4 m di altezza e sulla facciata più esposta: da 50 a 54, da 55 a 59, da 60 a 64, da 65 a 69 e >70;
- g. la superficie totale esposta a livelli di L_{den} superiori a 55, 65 e 75 dB. Le cifre includono gli agglomerati;
- h. il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di abitazioni e di persone esposte a valori di L_{den} superiori a 55, 65 e 75 dB. Le cifre includono gli agglomerati;
- i. il superamento di un valore limite, utilizzando i descrittori acustici espressi dalla norma.



2.2 RACCOMANDAZIONE DELLA COMMISSIONE 6 AGOSTO 2003, N. 2003/613/CE

Tale raccomandazione definisce le modalità operative secondo cui adattare le procedure di calcolo utilizzate per la realizzazione della mappatura acustica. In particolare vengono introdotti i seguenti concetti:

- In allegato, al comma 2.2.2., viene dettagliato il criterio della correzione meteorologica per il calcolo dei livelli a lungo termine, $L_{\text{long-term}}$. Si applica la formula seguente:

$$L_{\text{long-term}} = 10 \times \log_{10} [p \times 10^{L_F/10} + (1-p) \times 10^{L_H/10}]$$

dove:

- L_F è il livello acustico calcolato in condizioni favorevoli di propagazione
 - L_H è il livello acustico calcolato in condizioni omogenee di propagazione
 - p è l'incidenza nel lungo periodo di condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del rumore.
- In allegato, ai commi 3.1.1. e 3.1.2.4., viene definita la procedura sperimentale per aggiornare il data base di emissioni previsto nel metodo XPS31-133. Tale metodo fa riferimento alla «Guide du Bruit 1980» per quanto riguarda le emissioni di uso generale per il calcolo del rumore del traffico veicolare: per poter aggiornare tali dati di emissione ormai obsoleti (rilievi del 1975) e tener quindi conto dell'influenza del parco veicoli e delle tipologie di pavimentazione in uso sulla rete stradale in esame, si raccomanda il metodo di misura descritto dalla norma ISO 11819-1 "statistical pass-by".

2.3 EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP ASSESSMENT OF EXPOSURE TO NOISE (WG – AEN) "GOOD PRACTICE GUIDE FOR STRATEGIC NOISE MAPPING AND THE PRODUCTION OF ASSOCIATED DATA ON NOISE EXPOSURE – VERSION 2, 13TH AUGUST 2007"

Le linee guida prodotte dal Gruppo di lavoro della Commissione Europea "Assessment of Exposure to Noise" nella Versione 2 (in sostituzione della Versione 1, pubblicata il 5 dicembre 2003), forniscono consigli agli Stati Membri su come elaborare le mappe acustiche e i dati richiesti dalla Direttiva 2002/49/CE, analizzando le problematiche che emergono dalla Direttiva stessa, e riportano esempi e suggerimenti pratici volti alla loro risoluzione.

Nel capitolo 2 vengono fornite indicazioni inerenti le questioni dell'analisi e modellizzazione delle sorgenti sonore (stradali, ferroviarie, aeroportuali, industriali) della propagazione del rumore e della caratterizzazione e del calcolo sui ricettori.

Il capitolo 3 introduce, invece, le problematiche inerenti le implicazioni sulla "accuratezza" delle mappe acustiche e dei dati che gli Stati Membri devono fornire alla Commissione, mediante l'utilizzo degli esempi pratici e strumenti operativi (Toolkits) illustrati al capitolo 4 delle stesse Linee Guida. Tali



problematiche si basano su uno studio condotto dal medesimo Gruppo di lavoro (WG – AEN), volto ad una stima quantitativa (espressa in dB) dell'incertezza/accuratezza dei dati prodotti, sulla base della quantità e dell'accuratezza dei dati di input disponibili.

A completamento dei sopraccitati capitoli, le Linee Guida presentano una serie di allegati nei quali vengono discussi temi quali ad esempio l'introduzione all'uso di sistemi GIS nella mappatura, la determinazione delle fonti di incertezza dei dati nella modellizzazione acustica e l'*accuratezza* nella presentazione dei risultati delle mappe strategiche, questi ultimi basati sui risultati ottenuti dallo studio condotto dal WG – AEN, di cui sopra.

2.4 LINEE GUIDA DELLA COMMISSIONE PER LA COMPILAZIONE DEI QUESTIONARI DA TRASMETTERE ALLA COMMISSIONE

I documenti "Handbook" e "Overwiev" per il "Reporting Mechanism proposed for reporting under the Environmental Noise Directive 2002/49/EC" pubblicati dalla Direzione Generale Ambiente della Commissione Europea (versione ottobre 2007), riportano le istruzioni secondo cui compilare il questionario, consistente in vari format/tabelle in formato word/excel/shape , mediante cui gli Stati Membri devono inviare i dati da trasmettere alla Commissione sulla base dell' Allegato 6 della Direttiva 2002/49/CE.

In merito a quanto svolto nel presente studio, i dati da trasmettere sono quelle relativi al rumore emesso dalle infrastrutture, in questo caso stradali, sia "*inside agglomerations*" che "*outside agglomerations*"(punti 2.4, 2.5a, 2.5b, 2.6a, 2.6b del citato allegato 6 del decreto legislativo 194 del 2005).

2.5 PREDISPOSIZIONE E CONSEGNA DELLA DOCUMENTAZIONE DIGITALE RELATIVA ALLE MAPPATURE ACUSTICHE E MAPPE ACUSTICHE STRATEGICHE (D.LGS. 194/05) - SPECIFICHE TECNICHE

La Direzione Generale per i Rifiuti e l'Inquinamento del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), al fine di migliorare l'efficienza interna, di informatizzare l'erogazione dei servizi e di agevolare l'acquisizione e la diffusione al pubblico delle informazioni inerenti alle mappature acustiche e alle mappe acustiche strategiche, ha realizzato le specifiche tecniche destinate ai soggetti direttamente coinvolti nella redazione delle mappature acustiche e delle mappe acustiche strategiche secondo quanto disposto dalla normativa comunitaria e italiana. Il documento riguarda la predisposizione e la consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e alle mappe acustiche strategiche in adempimento al D.lgs. 194/05, con riferimento al format dei dati testuali e dei relativi metadati.



3 IMPOSTAZIONE METODOLOGICA GENERALE

La definizione delle aree in cui effettuare la mappatura acustica, tenendo conto della sorgente lineare che caratterizza l'infrastruttura stradale, ha riguardato una fascia con andamento all'incirca parallelo alla strada: l'ampiezza di tale fascia, però, non è definibile a priori, giacché l'obiettivo del D. Lgs. 194/05 è definire il numero di popolazione interessata da livelli di rumore superiori a valori predeterminati (55 decibel come L_{den} e 50 decibel come L_{night}) e non all'interno di fasce predefinite, così come richiesto dal DPR 142/04 "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".

L'ampiezza di indagine è stata quindi definita in funzione dei seguenti parametri:

- il traffico veicolare effettivamente transitante sull'infrastruttura;
- la tipologia della stessa infrastruttura (rilevato, trincea, ecc.);
- la morfologia del territorio e degli ostacoli naturali/artificiali alla propagazione del rumore.

Proprio in merito a quest'ultimo punto, si ricorda che il D. Lgs. 194/05 richiede una valutazione della popolazione esposta e degli eventuali utenti di ricettori sensibili, mentre, non fa riferimento alle aree caratterizzate da edificato industriale - produttivo e da edificato terziario. Tali edifici sono stati ugualmente individuati e censiti, in quanto costituiscono un ostacolo alla propagazione del rumore rispetto all'edificato residenziale posto in posizione ad essi retrostante.

L'Allegato 1 del Decreto 194/05 ai punti 1.1 a e 1.1 d, richiede che i descrittori L_{den} e L_{night} siano valutati (lettera b punto 1.1 dell'Allegato 1) relativamente ad un periodo di un "anno di osservazione per l'emissione acustica e l'anno medio sotto il profilo meteorologico". Inoltre, all'Art.3 è richiesto che le mappe acustiche mostrino lo stato di fatto relativamente al precedente anno solare. Quindi nel lavoro in oggetto si è fatto riferimento a:

- flussi di traffico rilevati dalla società Autostrada Bs-Vr-Vi-Pd, in sezioni di monitoraggio in continuo nel periodo 2016, organizzati con dettaglio orario in riferimento alle classi di lunghezza dei veicoli e alle classi di velocità riportando, per entrambi i gruppi, il valor medio. Da detti dati, quindi, sono stati estrapolati i valori relativi ai tre periodi della giornata, *day* (06:00-20:00), *evening* (20:00-22:00) e *night* (22:00-06:00), considerati separatamente e, successivamente, rielaborati al fine di definire gli spettri DEN e NIGHT di emissione della sorgente. Per la ripartizione nei periodi diurno-serale-notturno previsti dal D. Lgs. 194/05, si è fatto riferimento al toolkit 2 della linea guida WG AEN;
- data-base di emissioni, aggiornato con le misure di statistical pass-by effettuate nel 2006 su diverse tratte autostradali in gestione di Autostrada Bs-Vr-Vi-Pd, integrando tali dati con la banca dati del progetto DISIA del Ministero dell'Ambiente, rappresentativa delle emissioni medie del parco veicoli e delle pavimentazioni nazionali. I dettagli di tale attività sono riportati nei capitoli successivi;



- taratura del modello di calcolo effettuata in occasione delle attività relative all'individuazione aree critiche e redazione piani di risanamento effettuate in adempimento del DMA 29 novembre 2000, nonché degli studi per la realizzazione della mappatura acustica secondo D. Lgs. 194 effettuata nel 2012. Si rimanda alle relative relazioni generali per una descrizione dettagliata delle procedure e dei risultati delle attività di taratura;
- calcolo delle persone esposte, effettuato ipotizzando un abitante per ogni 100 m³ di volume abitativo;
- non si è fatto riferimento a superamenti di valori limite, in quanto la legislazione italiana adotta tuttora come parametri descrittivi i livelli nel periodo diurno e notturno, e non sono ancora stati definiti i criteri e gli algoritmi di conversione. Inoltre la legislazione italiana (DPR 142/04) impone di valutare i livelli di immissione ad 1 metro di distanza dalla facciata più critica, tenendo conto degli effetti di riflessione della facciata stessa, mentre il D. Lgs. 194/05 richiede di valutare i parametri L_{den} e L_{night} non tenendo conto delle riflessioni della facciata più esposta: pertanto i valori di L_{night} , calcolati secondo D. Lgs. 194/05, non sono direttamente confrontabili con i valori $L_{notturno}$, calcolato secondo DPR 142/04, anche se i periodi di riferimento temporali risultano uguali (ovvero dalle 22.00 alle 06.00).

Nei capitoli seguenti vengono riportati in modo puntuale le informazioni ed i dati relativi ai requisiti minimi della mappatura acustica da inviare, secondo quanto definito negli allegati 4 e 6 del Decreto Legislativo 194/05.

4 DESCRIZIONE GENERALE DELL'INFRASTRUTTURA STRADALE

La mappatura acustica cui si riferisce la presente relazione, si sviluppa sull'intera rete gestita da Autostrada Bs-Vr-Vi-Pd, ad esclusione delle tratte poste all'interno degli agglomerati di Brescia, Verona, Vicenza e Padova.

Lo schema della rete è rappresentato nella seguente figura.



Rispetto alla mappatura acustica predisposta nel 2012, è stato preso in esame anche l'asse stradale principale costituito dalla A31 Valdastico Sud,

Il tratto autostradale A4 Brescia - Padova inizia tra i caselli di Brescia Ovest e Brescia Centro (km 217,700) e termina subito dopo gli svincoli del casello di Padova Est (km 363,723), per una estesa complessiva di 146,1 km. La piattaforma autostradale è suddivisa in due carreggiate indipendenti, entrambe a tre corsie più la corsia di emergenza, separate da spartitraffico centrale protetto da barriera metallica tipo tripla onda installato in tutto il tratto da Brescia a Padova. Su tale spartitraffico, ad intervalli di circa 2 km, sono presenti dei by pass, opportunamente chiusi, che in caso di necessità possono essere utilizzati per effettuare uno scambio di carreggiata e quindi consentire la deviazione del traffico sulla carreggiata opposta. La carreggiata in direzione Venezia è denominata Est, quella in direzione Milano Ovest.

Il tratto è interconnesso, all'altezza di Brescia, con la A21 Brescia - Piacenza, in prossimità di Verona, con la A22 Brennero - Modena, con la A31 Valdastico in corrispondenza di Vicenza e con la A13 Padova - Bologna in prossimità di Padova. L'intermodalità è assicurata da una vasta rete di infrastrutture presenti sul territorio di riferimento: infatti il tracciato della A4 corre pressoché parallelo alla linea ferroviaria Milano - Venezia, sulla quale sono presenti numerose stazioni ferroviarie (es.: Brescia, Verona, Vicenza, Padova) ed alcuni interporti (Verona/Quadrante Europa, Padova). In prossimità dell'autostrada



sono inoltre situati alcuni aeroporti (Milano - Linate, Bergamo - Orio al Serio, Brescia - Montichiari, Verona - Villafranca, Venezia - Tessera) ed il porto di Venezia.

Complessivamente sono attraversati 41 Comuni.

Il tratto autostradale A31 - Valdastico "Storica", si sviluppa dall'interconnessione con l'autostrada A4 al casello di Piovene Rocchette per una lunghezza complessiva di circa 35,7 km.

La piattaforma autostradale è suddivisa in due carreggiate indipendenti, entrambe a due corsie di marcia più la corsia di emergenza, separate da uno spartitraffico centrale protetto da barriera metallica a tripla onda. Su tali barriere ad intervalli di circa 2 km è presente un by pass, opportunamente chiuso, che in caso di necessità (ad esempio incidenti con blocco traffico, lavori, etc.) può essere aperto e consentire quindi di deviare rapidamente il traffico sulla carreggiata opposta.

Complessivamente sono attraversati 18 Comuni.

Il tratto autostradale A31 - Valdastico Sud, si sviluppa dall'interconnessione A/4 - A/31 in Provincia di Vicenza alla SS 434 Transpolesana in Comune di Canda, Provincia di Rovigo, per una lunghezza complessiva di circa km 53.

La piattaforma autostradale ha una larghezza complessiva di 27 m ed è costituita da 2 carreggiate di larghezza ciascuna m 11,70, composte dalla corsia di emergenza di 3,5 m (+0,5 m rispetto alla normativa), corsia di marcia normale di 3,75 m, corsia di sorpasso di 3,75 m e banchina sinistra di 0,70 m. Le piazzole di sosta sono previste ogni 500 m circa.

Il margine centrale interno è di m 5, con aumento di 1 m rispetto al valore minimo di norma, tale da consentire le operazioni di manutenzione in condizione di assoluta sicurezza.

Complessivamente sono attraversati 23 comuni

Per la realizzazione della mappatura acustica, per quanto riguarda le velocità di transito, secondo quanto consigliato dal toolkit 5 della "Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure", si sono utilizzati i valori di velocità limite vigenti secondo il Codice della Strada.



IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0010_Report_Autostrada_Bs_Pd

RELAZIONE

Per quanto riguarda i flussi di traffico, la mappatura ha tenuto conto dei valori medi annuali differenziati per tipologia di veicolo e periodo diurno-serale e notturno, per ciascuna delle singole tratte, sia della A4 che della A31, come riportato dalle seguenti tabelle.

		A4		CCA4 - ALL.A4/A21		ALL.A4/A21 - BRESCIA EST		BRESCIA EST - DESENZANO DEL GARDA		DESENZANO DEL GARDA - SIRMIONE		SIRMIONE - PESCHIERA DEL GARDA		PESCHIERA DEL GARDA - SOMMACAMPAGNA		SOMMACAMPAGNA - AIL.A4/A22		AIL.A4/A22 - VERONA SUD		VERONA SUD - VERONA EST		VERONA EST - SOAVE		SOAVE - MONTEBELLO		MONTEBELLO - ALTE MONTECCHIO		ALTE MONTECCHIO - VICENZA OVEST		VICENZA OVEST - VICENZA EST		VICENZA EST - ALL.A4/A31		ALL.A4/A31 - GRISIGNANO		GRISIGNANO - PADOVA OVEST		PADOVA OVEST - PADOVA EST	
				LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI
DIR DX BRESCIA	DAY SHORT	25779	9535	29635	10961	28889	10685	28695	10613	29230	10811	26511	9805	26273	9717	28576	10569	25576	9460	26475	9792	24659	9120	24350	9006	26085	9648	25809	9546	29254	10820	25662	9491	25389	9390	21963	8123		
	NIGHT	3106	1149	3571	1321	3481	1287	3457	1279	3522	1303	3194	1181	3165	1171	3443	1273	3081	1140	3190	1180	2971	1099	2934	1085	3143	1162	3110	1150	3525	1304	3092	1144	3059	1131	2646	979		
	EVENING	2174	804	2499	924	2436	901	2420	895	2465	912	2236	827	2216	820	2410	891	2157	798	2233	826	2080	769	2054	760	2200	814	2177	805	2467	913	2164	800	2141	792	1852	685		
DIR SX PADOVA	DAY SHORT	25178	9312	29399	10874	28862	10675	28778	10644	29126	10773	26671	9865	25971	9606	27634	10221	24769	9161	26455	9785	24652	9118	24378	9017	26111	9658	25909	9583	29083	10757	25766	9530	25434	9407	22873	8460		
	NIGHT	3033	1122	3542	1310	3477	1286	3467	1282	3509	1298	3213	1189	3129	1157	3329	1231	2984	1104	3187	1179	2970	1099	2937	1086	3146	1164	3122	1155	3504	1296	3104	1148	3064	1133	2756	1019		
	EVENING	2123	785	2479	917	2434	900	2427	898	2456	909	2249	832	2190	810	2331	862	2089	773	2231	825	2079	769	2056	760	2202	814	2185	808	2453	907	2173	804	2145	793	1929	713		
TGM		61394	22707	135140	49983	132202	48897	131565	48661	133586	49409	121741	45028	119595	44234	128673	47592	115247	42626	112890	41750	111547	41257	119486	44193	118390	43788	133543	49393	117726	43542	116343	43031	102637	37961				
		84101		185123		181099		180226		182955		166769		163829		176265		157873		165981		154630		152804		163679		162178		182936		161268		159374		140598			

		A31		BADIA POLESINE - PIACENZA D'ADIGE		PIACENZA D'ADIGE - SANTA MARGHERITA D'AD		SANTA MARGHERITA D'ADIGE - NOVENTA VICE		NOVENTA VICENTINA - AGUGLIARDO		AGUGLIARDO - ALBETTONEBARBARANO		ALBETTONEBARBARANO - LONGARE/MONTEG		LONGARE/MONTEGALDELLA - ALL.A4/A31		ALL.A4/A31 - VICENZA NORD		VICENZA NORD - DUEVILLE		DUEVILLE - THIENESCHIO		THIENESCHIO - PIOVENE ROCCHETTE	
				LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI	LEGGERI	PESANTI
DIR DX PIOVENE	DAY SHORT	1678	621	1757	650	1904	704	2185	808	2910	1076	3461	1280	4208	1556	11061	4091	8184	3027	5570	2060	2098	776		
	NIGHT	202	75	212	78	229	85	263	97	351	130	417	154	507	188	1333	493	986	365	671	248	253	93		
	EVENING	142	52	148	55	161	59	184	68	245	91	292	108	355	131	933	345	690	255	470	174	177	65		
DIR SX BADIA	DAY SHORT	1758	650	1815	671	1966	727	2229	824	2854	1056	3426	1267	4175	1544	11303	4181	8322	3078	5536	2047	2053	759		
	NIGHT	212	78	219	81	237	88	269	99	344	127	413	153	503	186	1362	504	1003	371	667	247	247	91		
	EVENING	148	55	153	57	166	61	188	70	241	89	289	107	352	130	953	353	702	260	467	173	173	64		
TGM		7867	2910	8178	3025	8860	3277	10106	3738	13196	4881	15765	5831	19191	7098	51194	18935	37786	13976	25422	9403	9501	3574		
		10777		11203		12137		13844		18077		21596		28289		70129		81782		34825		13015			



5 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA CIRCOSTANTE

Le aree oggetto di mappatura attraversano generalmente aree agricole o mediamente urbanizzate, con la presenza di insediamenti sia abitativi, che di terziario che di tipo commerciale e industriale.

La valutazione dell'ambiente circostante la rete autostradale di Autostrada Bs-Vr-Vi-Pd è stata realizzata tramite i dati di uso del territorio ricavati da Corinne Land Cover 2012, intersecando l'area oggetto di mappatura acustica (relativa al descrittore L_{den}) con le classi principali di utilizzazione del territorio.

Il risultato è riportato nella seguente tabella:

Classe destinazione uso	Definizione	Percentuale di insistenza
Superfici artificiali	Fabbricati civili urbani, fabbricati industriali e commerciali, discariche e cantieri edili, aree artificiali non agricole o coperte di vegetazione.	26 %
Superfici agricole	Terreni seminativi, colture permanenti, pascoli, aree agricole eterogenee.	71 %
Foreste e superfici semi-naturali	Foreste, arbusti, spazi aperti con vegetazione scarsa o nulla	2,8 %
Aree umide	Zone umide interne, zone umide costiere.	0,1 %
Corpi d'acqua	Acque interne, acque marine	0,1 %

Nella zona sono presenti altre sorgenti di rumore, costituite principalmente da viabilità comunali, strade provinciali, strade in gestione di Veneto Strade, strade statali in gestione Anas, rete ferroviaria in gestione RFI e da insediamenti industriali e commerciali.

6 I PROGRAMMI DI CONTENIMENTO DEL RUMORE ATTUATI IN PASSATO E LE MISURE ANTIRUMORE IN ATTO

In passato, anche in attuazione del Piano di Contenimento ed Abbattimento del Rumore presentato da Autostrada Bs-Vr-Vi-Pd, sono state realizzati numerosi interventi di bonifica acustica, costituiti principalmente da barriere antirumore e pavimentazioni drenanti-fonoassorbenti. Anche lungo la recente tratta della A31 Valdastico Sud sono presenti importanti interventi di barriere antirumore, come evidenziato dalle seguenti figure.



Per il dettaglio di tali interventi si rimanda al Decreto del Ministero dell'Ambiente n. 000042 del 11 marzo 2011 che approva il piano presentato da Autostrada Bs-Vr-Vi-Pd ai sensi del DMA 29 novembre 2000, ed ai progetti di mitigazione della A31 Valdastico Sud.



7 I METODI DI CALCOLO O DI MISURAZIONE APPLICATI

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.: in particolare per il presente studio è stato utilizzato il software DisiaPro.

È anche opportuno evidenziare che non esiste attualmente a livello comunitario o nazionale una procedura legislativa armonizzata utilizzabile per convalidare un "software di calcolo" né quantomeno un "modello di calcolo": la norma tecnica di riferimento per il confronto dei software è la norma DIN 45687, mentre altre indicazioni tecniche metodologiche si possono trovare nelle norme NF 31-130/131/132 e nella norma UNI 11143-1.

7.1. 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} .

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 single 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.

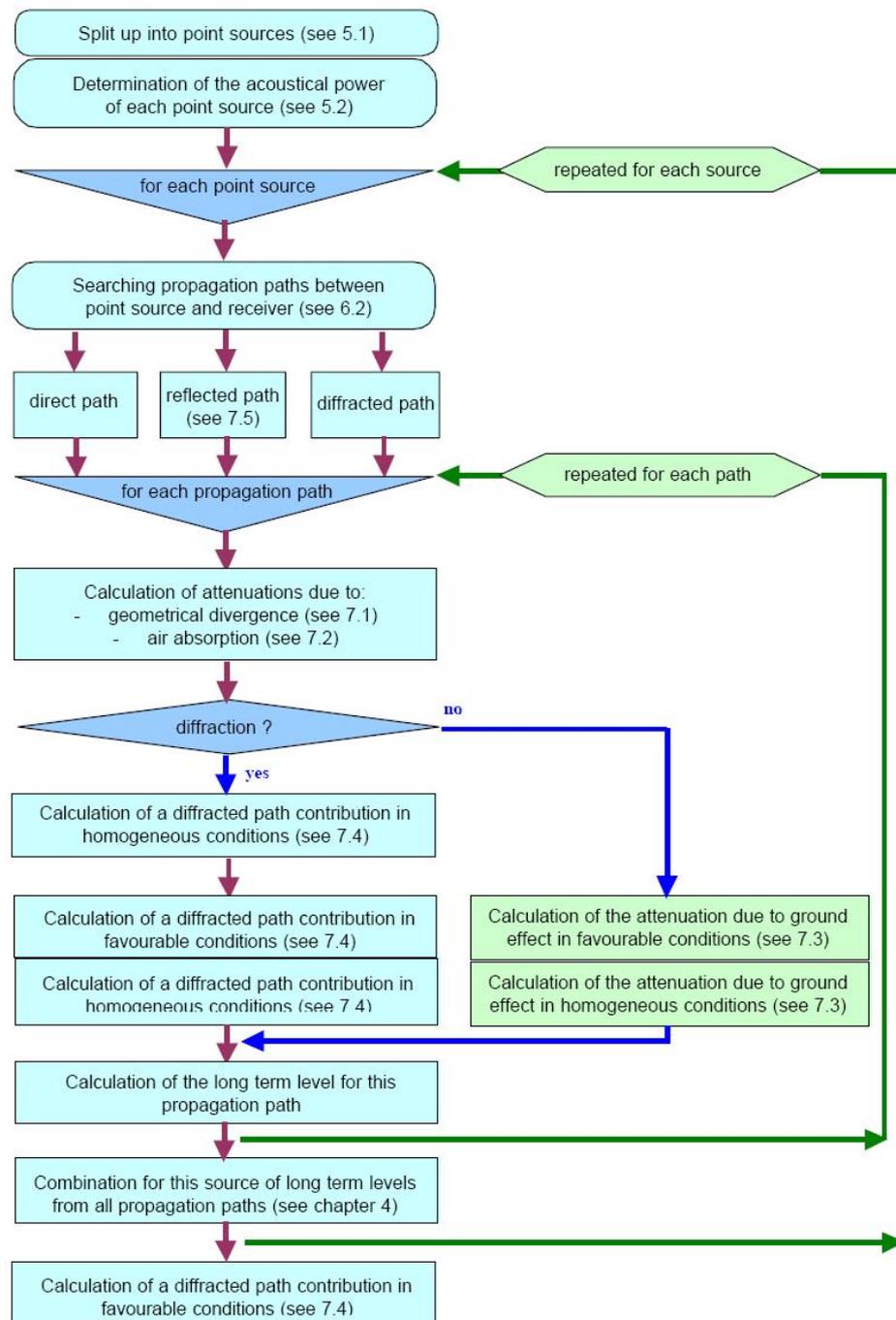
NMPB-96 prende in considerazioni due condizioni meteorologiche, e precisamente l'una omogenea e l'altra favorevole alla propagazione: il risultato del calcolo, ovvero il livello equivalente di lungo termine può essere ottenuto dalla combinazione dei due calcoli, definendo la percentuale di tempo in cui 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 flow-chart funzionale del modello NMPB-96.





7.2. Modello di propagazione

7.2.1. 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 una sorgente puntiforme 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 effettuare nei singoli siti di interesse rilevazioni e successive analisi statistiche delle condizioni meteorologiche (cosa evidentemente incompatibile con una mappatura di oltre 240 km di rete, fra autostrada e tangenziali, di Autostrada Bs-Vr-Vi-Pd). 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 caselle grigie rappresentano condizioni meteorologiche estremamente improbabili)..

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

- 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 (3 to 5 m/s) opposto alla direzione di propagazione

U₂: vento debole o moderato (1 to 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 ricettore.

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 ricettore (diretta, di fratta 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 ricettore 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 alla diffrazione

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

4. *Calcolo del 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

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

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

7.2.2. 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 emittitrici", 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 il 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

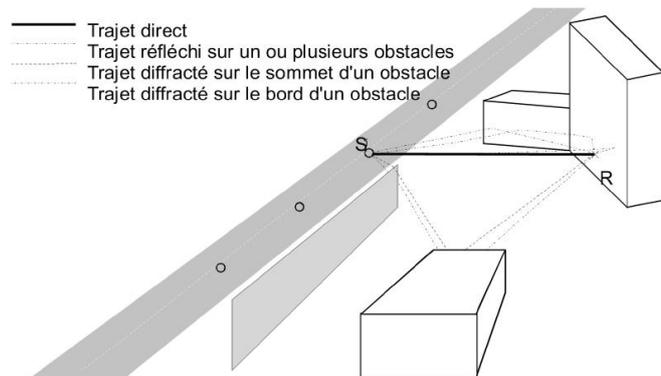
li è la lunghezza (in metri) della porzione di arco relativa alla sorgente puntiforme i .

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 desniveaux 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 2D½, 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 difratte)

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 contenete 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.

7.2.3. 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.



7.2.4. Assorbimento atmosferico

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

$$A_{atm} = \alpha d / 1\,000 \quad [8]$$

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

7.2.5. Effetto del suolo

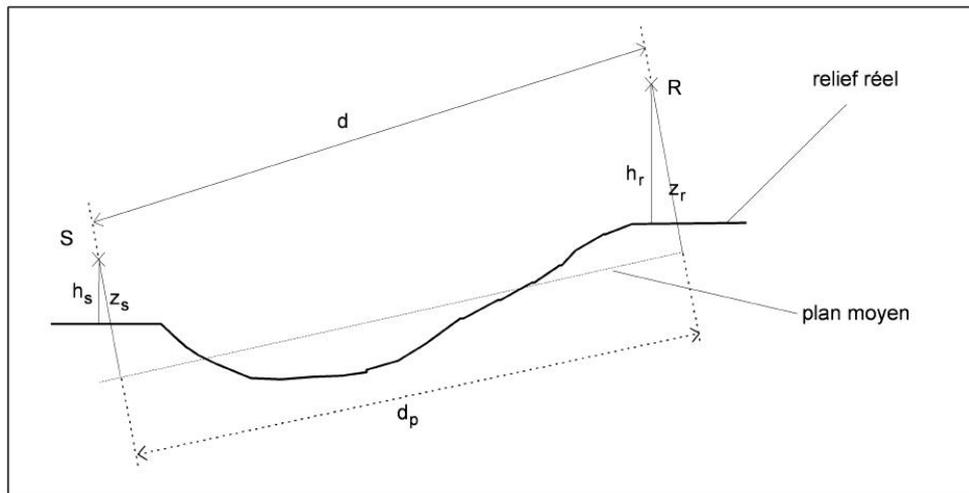
L'attenuazione dovuta all'effetto del suolo è principalmente il risultato dell'interferenza fra il suono riflesso dalla superficie del suolo ed il suono che si propaga direttamente dalla sorgente verso il ricevitore. Tale fenomeno è funzione sia delle caratteristiche del terreno sia delle condizioni 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 direzione 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, sostituendolo con un piano fittizio rappresentante il profilo medio del terreno (vedi figura seguente).



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 ricettore e nella zona presso il ricettore, definite rispettivamente zona della sorgente, zona intermedia e zona del ricettore.

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

Ciascuna zona 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 $G_{\text{traiettoria}}$ corrispondente alle caratteristiche medie del suolo sull'insieme del percorso di propagazione, ovvero applicato alla zona intermedia ed alla zona del ricettore ($G_m = G_r = G_{\text{traiettoria}}$).

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

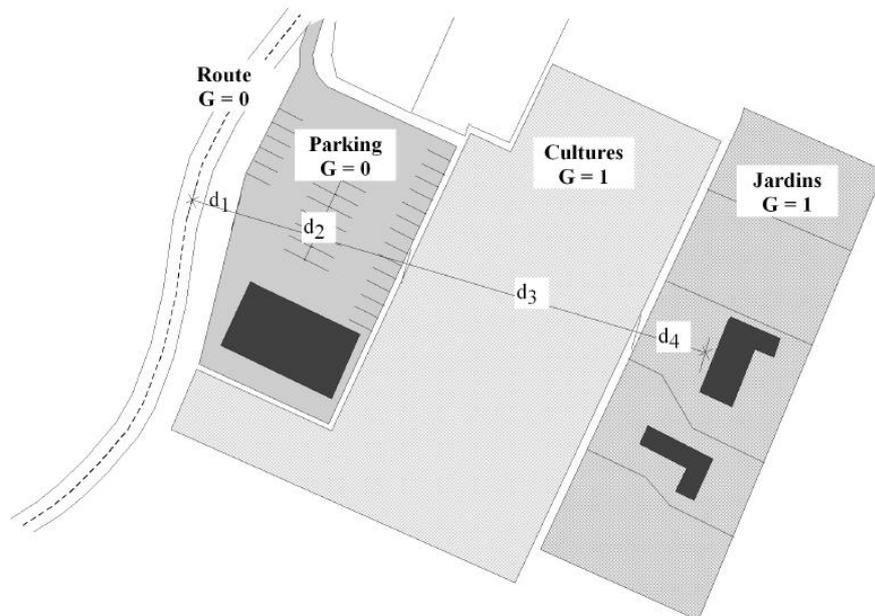
Per il calcolo dell'effetto suolo nelle zone intermedie e del ricettore, si assume il coefficiente $G_{\text{traiettoria}}$ pari alla frazione del suolo assorbente situato sull'insieme del percorso di propagazione.

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

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

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

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



$d_1 + d_2 + d_3 + d_4 = d$ (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 $G = G'_{\text{traiettoria}}$; per $A_{m,F}$ porre $G = G'_{\text{traiettoria}}$)

Per il calcolo in condizioni omogenee, ovvero quando le traiettorie di propagazione sono rettilinee, non è necessario distinguere le zone sorgente, intermedia e ricettore: si considera pertanto un unico coefficiente di suolo $G_{\text{traiettoria}}$ jet 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:

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

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

$C_f = d_p \cdot 1 + 3w d_p e^{-(wdp)^{0,5}}$ dove w è dato in funzione della frequenza f_c e di $G_{\text{traiettoria}}$

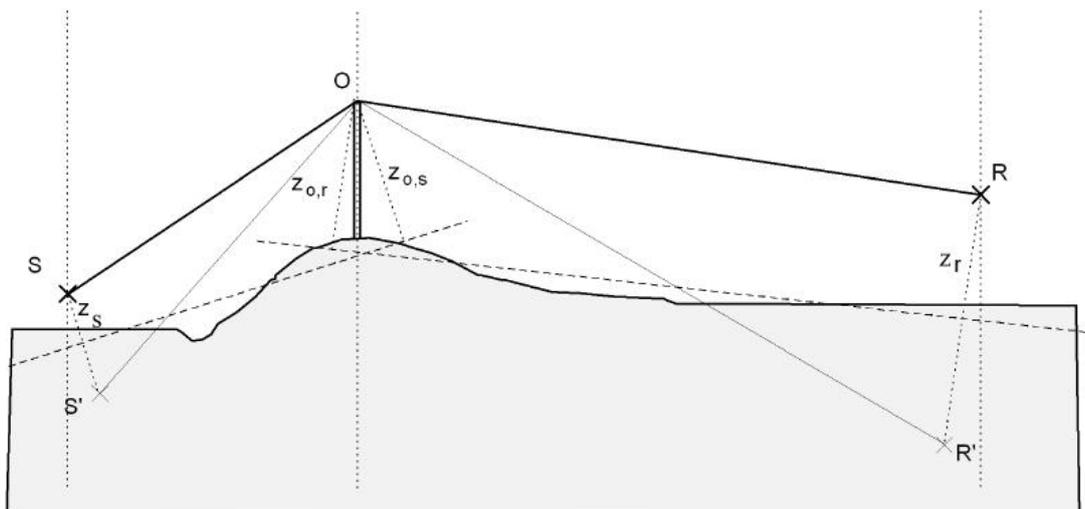
$W = 0,0185 (f_c^{2,5} G_{\text{traiettoria}}^{2,6}) / f_c^{1,5} G_{\text{traiettoria}}^{2,6} + 1,3 \times 10^3 f_c^{0,75} G_{\text{traiettoria}}^{1,3} + 1,16 \times 10^6$

7.2.6. 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 2metri).

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)., posto il termine $A_{diff} = 0 \text{ db(A)}$.

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"

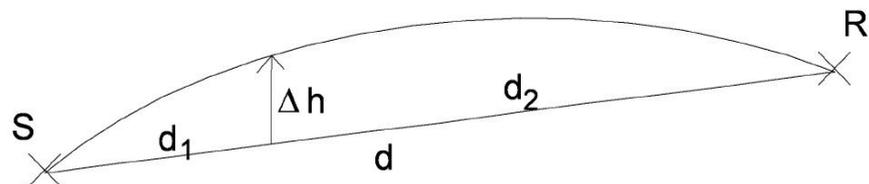
Il metodo si basa sulla decomposizione del percorso di propagazione in due parti, e precisamente il "lato sorgente", situato fra la sorgente ed il punto di diffrazione, ed il "lato ricettore" situato tra bordo di diffrazione e ricettore. La procedura seguita è la seguente:

- 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 del bordo di diffrazione, di una quantità Δ_h data dalla seguente formula (vedi figura seguente)

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



dove γ è il raggio di curvatura in metri. γ è assunto pari a $8d$, dove d è la distanza diretta di propagazione, ed in ogni caso γ non può essere inferiore a 1.000 m (se $\gamma < 1000$ m si pone $\gamma = 1000$ 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 tralascia di calcolare l'effetto di diffrazione e la sorgente ed il ricettore sono considerati in "vista diretta".

Il calcolo della diffrazione si effettua secondo le seguenti formule:

se $(40/\lambda)C'' \delta \geq -2$

$$\Delta_{diff} = 10 \log [3 + (40/\lambda)C'' \delta]$$

se $(40/\lambda)C'' \delta \leq -2$

$$\Delta_{diff} = 0$$

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

Valgono i seguenti criteri generali:

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

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

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

dove

$\Delta_{sol(O,R)}$ è l'attenuazione dovuta all'effetto del suolo fra il bordo di diffrazione O ed il ricettore 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: $G_s = G_m = G_r = G_{traiettoria}$ calcolato fra O ed R

in condizioni omogenee: $G = G_{traiettoria}$ calcolato fra O ed R

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

$\Delta_{dif(S,R)}$ 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 ricettore, sono infine calcolati con la formula:

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

dove :

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

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

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

$d = SO$

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 difratte.



7.3. 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 prevision des niveaux sonores" edita dal CETUR nel 1980.

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

7.3.1. Categorie veicoli

Vengono distinte due tipologie di veicoli, e precisamente

Veicoli leggeri = ovvero veicoli con un peso totale a terra (P.T.T.) inferiore a 2.5 ton

Veicoli pesanti = ovvero veicoli con un peso totale a terra (P.T.T.) superiore a 3.5 ton

7.3.2. Categorie pavimentazioni e tipologia di infrastruttura 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 base 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.

7.3.3. 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.

7.3.4. 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:

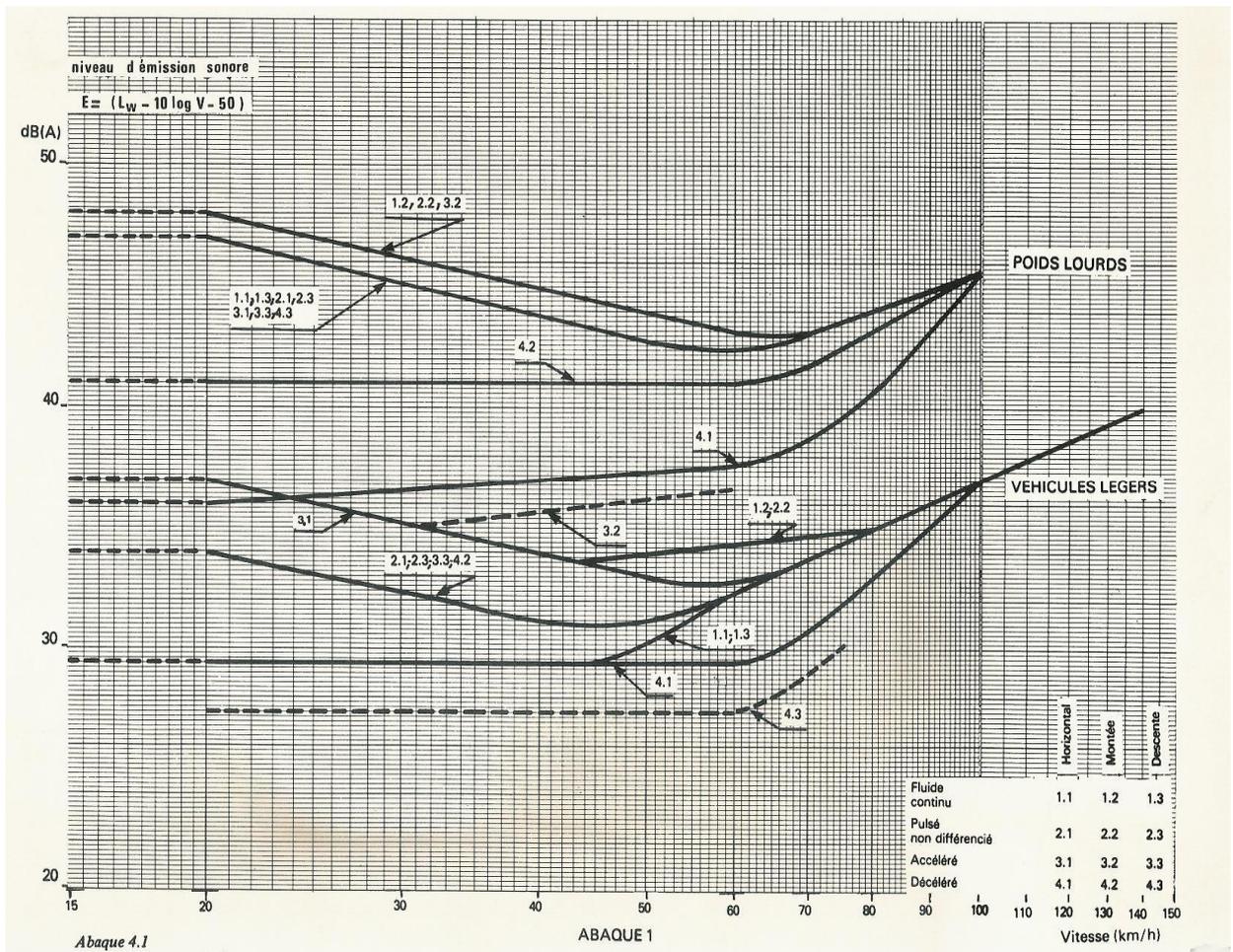
$$E = (L_w - 10 \log V - 50) \quad [13]$$

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 1/2 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.



7.3.5. 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 leggere e pesanti, utilizzando la seguente relazione:

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

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 è 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 Rj
1	125	- 14.5
2	250	-10.2
3	500	-7.2
4	1000	-3.9
5	2000	-6.4
6	4000	-11.4

7.4. Adattamento del modello NMPB 96

7.4.1. 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».

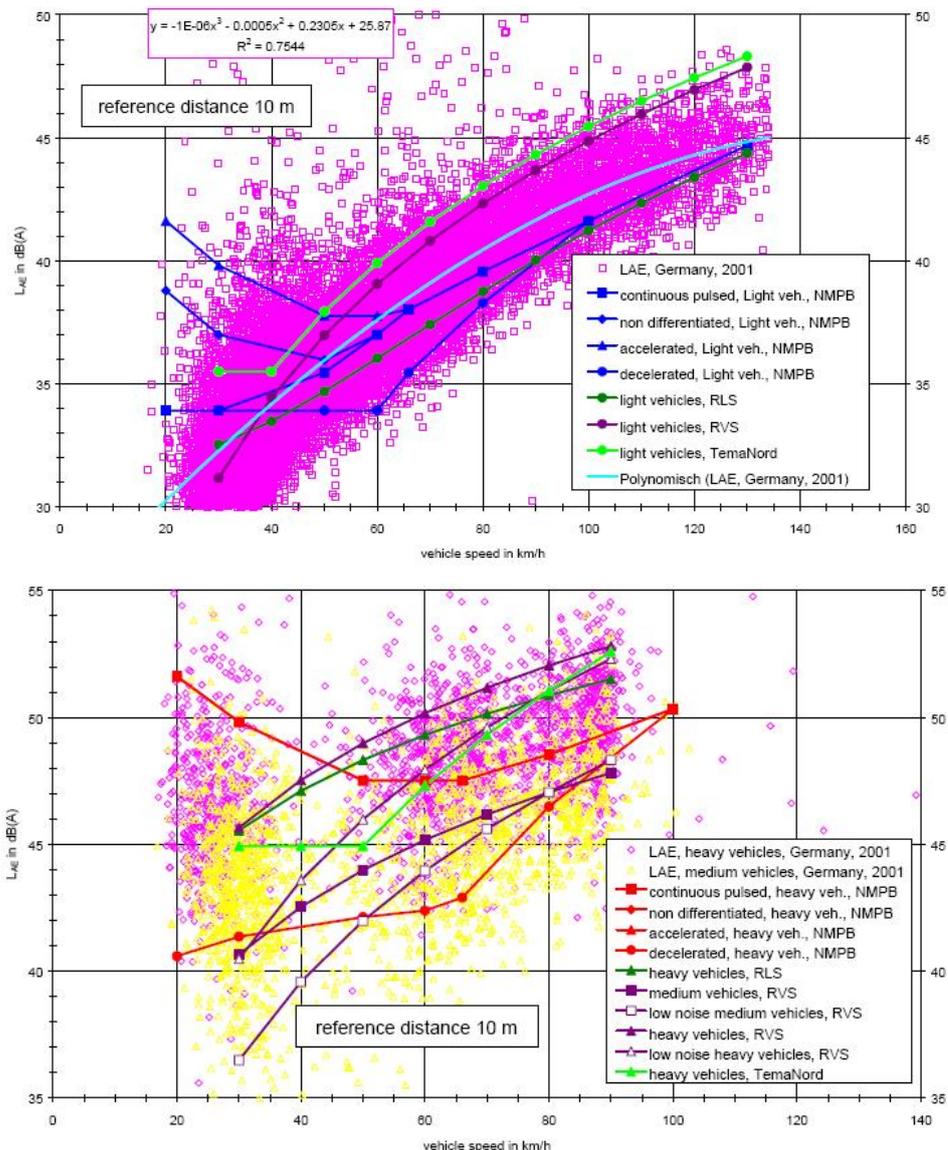
Nel comma 3.1.1. della Raccomandazione della Commissione del 6 agosto 2003 concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore del traffico stradale, si evidenzia che " *nel 2002 le autorità francesi hanno avviato un progetto destinato a rivedere i valori di emissione*" 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, Autostrada Bs-Vr-Vi-Pd ha portato a termine specifiche campagne seguendo tale procedura. Le misure sono state eseguite nel 2007.

7.4.2. Aggiornamento banca dati di emissione

7.4.2.1. 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.



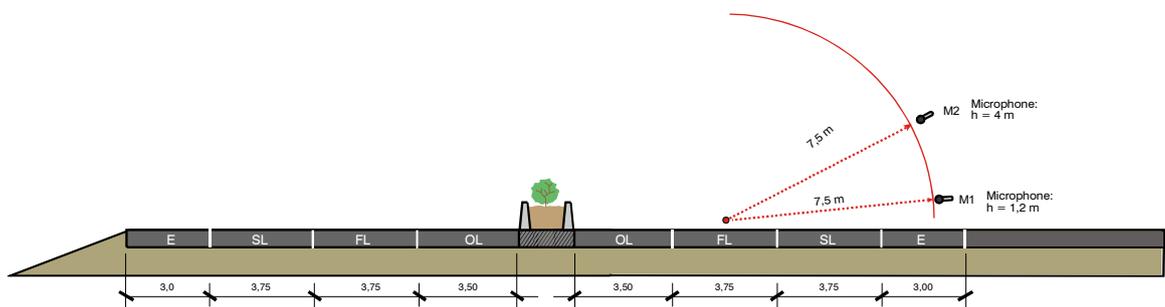
Secondo quanto definito dalla norma XPS 31-133 e a norma delle specifiche della «Guide du Bruit 1980», il livello di potenza sonora L_w e l'emissione acustica E sono stati calcolati dal livello di pressione sonora misurata L_p e dalla velocità del veicolo V mediante:

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

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

7.4.2.2. Misure di Statistical Pass-by

Le modalità di misura sono schematicamente riportate nella seguente figura, da cui si evidenzia che oltre alla posizione standard del microfono (7.5 m di distanza dall'asse di marcia e 1.2 m di altezza da terra), si sia utilizzata anche una postazione integrativa supplementare, secondo quanto definito nel progetto europeo di ricerca Imagine: in tal maniera si sono ottenute anche informazioni circa la direttività delle diverse tipologie di veicoli presi in esame.



Per la misura delle velocità di transito è stato utilizzato un teleradar 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 di più comune impiego sulla rete di Autostrada Bs-Vr-Vi-Pd, ovvero le pavimentazioni drenanti tradizionali (rete autostradale) e le pavimentazioni chiuse (tangenziali). Riguardo alla tipologia di infrastruttura, sono state prese in condizioni di pendenza longitudinale nulla, valutando le condizioni di flusso a velocità costante nel range da 40 a 130 km/h. 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:

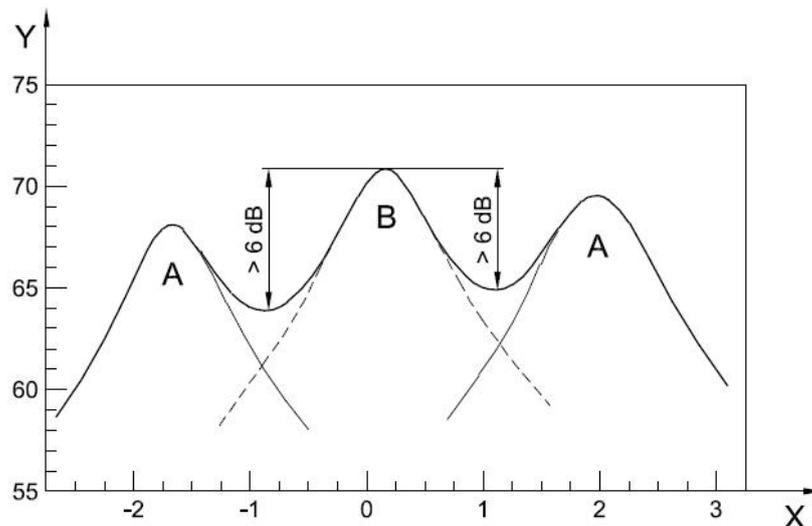
- Autocarri, autobus e pullman con più di 2 assali

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 (± 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 (± 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 risultati sono successivamente stati interpolati mediante regressioni lineari, in modo da ottenere curve SEL/velocità tramite cui implementare le banche dati input.

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.



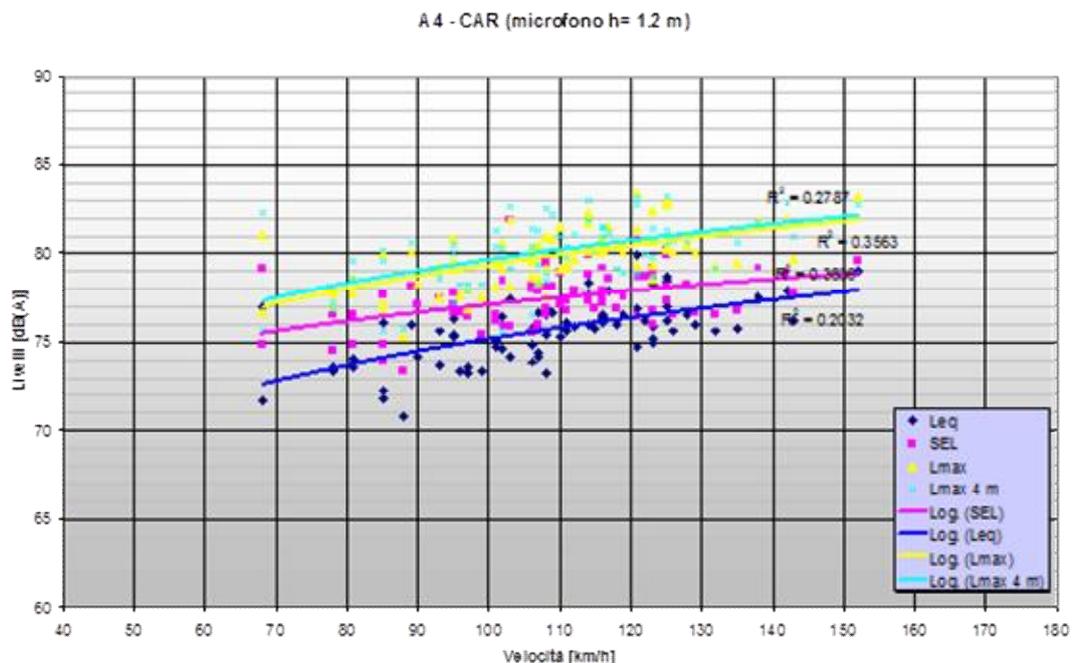
In seguito si è provveduto a determinare l'indice statistico applicato al traffico passante (SPBI) dell'influenza della superficie stradale sul rumore del traffico per una combinazione di veicoli mediante la seguente formula:

$$SPBI = 10 \lg[W1 \times 10^{L1/10} + W2a(V1/V2a) \times 10^{L2a/10} + W2b(V1/V2b) \times 10^{L2b/10}]$$

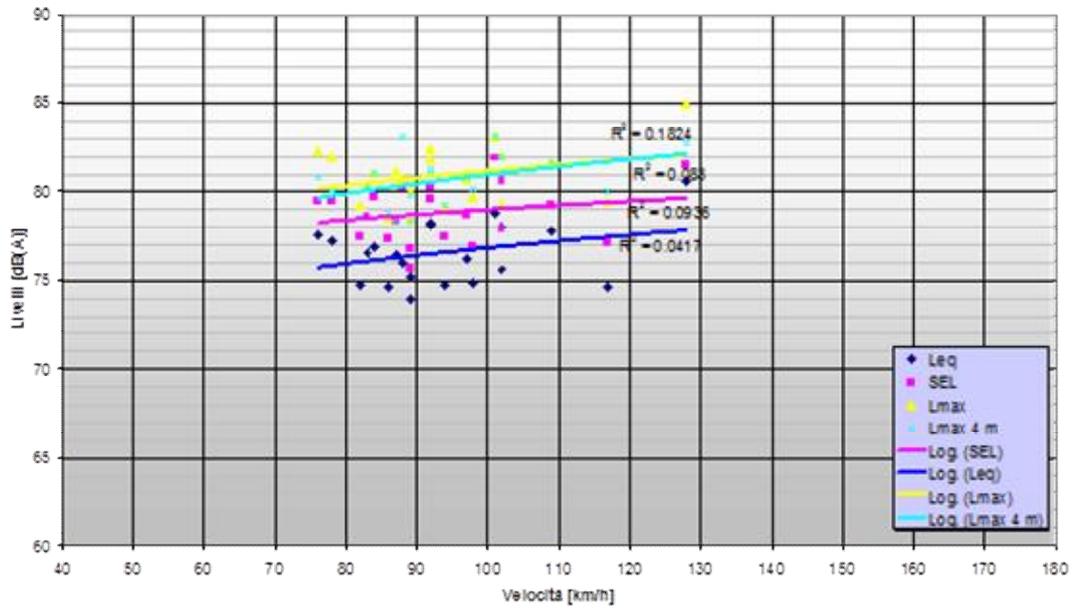
In funzione all'ambito predefinito della tipologia di strada (autostrada, svincolo, caselli, ecc..) si è valutato a quale delle tre categorie, in relazione alla gamma di velocità alle quali il traffico circola, le tratte facciano riferimento:

- **Categoria di velocità stradale "bassa"**: Condizioni che si correlano al traffico operante a una velocità media da 45 Km/h a 64 Km/h (traffico su svincoli).
- **Categoria di velocità stradale "media"**: Condizioni che si correlano al traffico operante a una velocità media da 65 Km/h a 99 Km/h (traffico in aree suburbane).
- **Categoria di velocità stradale "alta"**: Condizioni relative ad autovetture che circolano a una velocità media di 100 Km/h o maggiore; i veicoli pesanti possono operare a velocità medie minori a causa di limitazioni di velocità (traffico autostradale in aree extraurbane o suburbane).

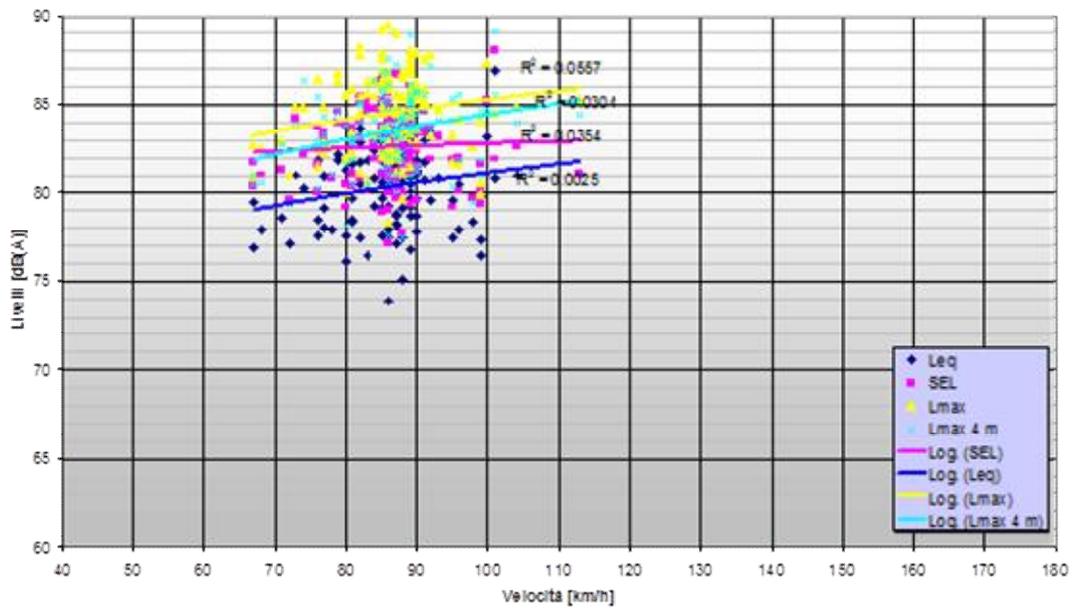
Nelle figure di seguito riportate, sono illustrati due esempi dei risultati ottenuti dalle misurazioni di pass-by effettuate sulla rete autostradale gestita dalla società Autostrada Bs-Vr-Vi-Pd nel corso delle attività di taratura del modello acustico effettuate per la realizzazione della mappatura acustica nel 2007.



A4 - MT (microfono h= 1.2 m)



A4 - HT (microfono h= 1.2 m)





8 DATI STATISTICI

Di seguito riportati i dati statistici richiesti dall'allegato 6 del D.Lgs. 194/05

A) il numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che occupano abitazioni disposte al di fuori degli agglomerati esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB(A) a 4 m di altezza e sulla facciata più esposta: da 55 a 59, da 60 a 64, da 65 a 69, da 70 a 74 e >75

Regione Veneto

da 55 a 59	da 60 a 64	da 65 a 69	da 70 a 74	>75
7400	12400	44800	22300	3500

Regione Lombardia

da 55 a 59	da 60 a 64	da 65 a 69	da 70 a 74	>75
0	0	5900	4800	1100

Totale rete

da 55 a 59	da 60 a 64	da 65 a 69	da 70 a 74	>75
7400	12400	50700	27100	4600

B) il numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che occupano abitazioni disposte al di fuori degli agglomerati esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{night} in dB(A) a 4 m di altezza e sulla facciata più esposta: da 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, > 70

Regione Veneto

da 50 a 54	da 55 a 59	60 a 64	da 65 a 69	>70
4000	21100	53600	11700	700

Regione Lombardia

da 50 a 54	da 55 a 59	60 a 64	da 65 a 69	>70
0	1100	8400	1800	400

Totale rete

da 50 a 54	da 55 a 59	60 a 64	da 65 a 69	>70
4000	22200	62000	13500	1100



C) la superficie totale esposta a livelli di L_{den} superiori a 55, 65 e 75 dB(A), comprendendo le aree interne agli agglomerati.

Regione Veneto

> 55	>65	> 75
100.31	68.57	15.03

Regione Lombardia

> 55	>65	> 75
18.77	18.76	4.78

Totale rete

> 55	>65	> 75
119.08	87.33	19.81

D) il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di persone presenti in ciascuna zona esposta di L_{den} superiori a 55, 65 e 75 dB(A), comprendendo le aree interne agli agglomerati.

Regione Veneto

> 55	>65	> 75
112300	92300	4500

Regione Lombardia

> 55	>65	> 75
18900	18900	1600

Totale rete

> 55	>65	> 75
131300	111200	6100



E) il numero totale stimato (arrotondato al centinaio) di abitazioni presenti in ciascuna zona esposta di L_{den} superiori a 55, 65 e 75 dB(A), comprendendo le aree interne agli agglomerati.

Regione Veneto

> 55	>65	> 75
8600	6800	400

Regione Lombardia

> 55	>65	> 75
1200	1200	100

Totale rete

> 55	>65	> 75
9700	7900	500

Si ricorda ancora che non è possibile riportare i dati richiesti dal comma I) in quanto non sono disponibili gli algoritmi di conversione fra L_{den} e L_{night} calcolati secondo la procedura del D.Lgs.194/05 ed i valori di L_{giorno} e L_{notte} calcolati secondo DPR 142/04 (vedi paragrafo 3 della presente relazione).



9 MATERIALE TRASMESSO

In accordo con gli standard Ministeriali di restituzione, i dati calcolati sono stati elaborati per la produzione di dati statistici relativi alla compilazione dei Data Flows e dei Reporting Mechanism previsti Direttiva 2002/49/CE. In particolare Autostrada Brescia-Verona-Vicenza-Padova gestisce infrastrutture di interesse nazionale che interessano più Regioni Italiane.

I dati relativi alla notifica di ogni infrastruttura viaria (identificata secondo lo schema Ministeriale) sono restituiti secondo i criteri di nomenclatura che prevedono che ogni asse abbia una sua codifica specifica che nel caso dei DF1_5 relativamente alle infrastrutture stradali deve comprendere:

- Country Code (IT)
- Reporting Entity Unique Code (a)
- Data Flow (DF1_DF5)
- Anno di riferimento (2017)
- Categoria oggetto della comunicazione (Roads)
- Codice univoco di identificazione della categoria (CG)
- Location

Gli strati informativi di localizzazione richiesti per il DF1 e DF5, dalla terza fase di attuazione della Direttiva, vengono predisposti congiuntamente in file accorpate. Per quanto concerne Autostrada Brescia-Verona-Vicenza-Padova per l'Italia, tenuto conto delle codifiche Ministeriali riportate nell'allegato II delle Specifiche Tecniche, versione Marzo 2017, vale la seguente codifica:

IT_a_DF1_5_2017_Roads_0010_Location

Gli attributi da inserire nelle tabelle associate agli strati informativi DF1_5 sono i seguenti

Strade	Reporting Entity Unique Code	RpEnt_CD	Codice Reporting Entity (valore fisso lettera a)	Stringa
	Unique Road ID	UnRoadID	Identificativo univoco dell'infrastruttura stradale secondo quanto riportato nell'Allegato II	Stringa
	Road Name	RdName	Nome della strada	Stringa
	Road Company Name	RdCompName	Nome del Gestore	Stringa
	Road Length (m)	RoadLeng	Lunghezza asse stradale (m)	Numerico
	Number of vehicles/year	NuVehY	Numero di veicoli/anno	Numerico



I dati relativi alla mappatura acustica per i Data Flow DF4 e DF8 devono contenere nell'ordine, i seguenti strati informativi:

- Country Code (IT);
- Reporting Entity Unique Code (a)
- Data Flow (DF4_DF8)
- Anno di riferimento (2017);
- Categoria oggetto della comunicazione: Roads;
- Codice Gestore (CG7);
- NoiseContourMap
- NoiseAreaMap;
- Noise Indicator (L_{den} o L_{night})

Nome shapefile	Geometria	Argomento	Descrizione
IT_a_DF4_8_2017_Roads_CG_NoiseContourMap_Lden	Polilinea	Isolivello Lden	Rappresentazione delle curve Lden 55, 60, 65, 70, 75 dB
IT_a_DF4_8_2017_Roads_CG_NoiseAreaMap_Lden	Poligono	Fascia Lden	Rappresentazione delle fasce di isolivello Lden corrispondenti agli intervalli 55-59 dB, 60-64 dB, 65-69 dB, 70-74 dB, ≥ 75 dB
IT_a_DF4_8_2017_Roads_CG_NoiseContourMap_Lnight	Polilinea	Isolivello Lnight	Rappresentazione delle curve Lnight 50,55, 60, 65, 70 dB
IT_a_DF4_8_2017_Roads_CG_NoiseAreaMap_Lnight	Poligono	Fascia Lnight	Rappresentazione delle fasce di isolivello Lnight corrispondenti agli intervalli 50-54 dB, 55-59 dB, 60-64 dB, 65-69 dB, ≥ 70 dB

Secondo lo schema operativo fornita dal Ministero nell'Allegato II delle Specifiche Tecniche, per Autostrada Brescia-Verona-Vicenza-Padova valgono le seguenti codifiche :

IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0010_NoiseContourMap_Lden
IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0010_NoiseAreaMap_Lden
IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0010_NoiseContourMap_Lnight
IT_a_DF4_8_2017_Roads_IT_a_rd0010_NoiseAreaMap_Lnight

La tabella degli attributi di ogni shape file deve riportare i seguenti elementi:



IT_a_DF4_8_2017_Roads_CG_NoiseContourMap_Lden			
Nome Attributo	Descrizione	Tipo Campo	Descrizione
CTRY_CD	CountryCode	Stringa	Identificativo univoco Stato membro (Valore fisso IT)
RpEnt_CD	ReportingEntityUniqueCode	Stringa	Codice Reporting Entity (valore fisso lettera a)
UnRoadID	UniqueRoadId	Stringa	Identificativo univoco
DB_Low	Noise Value Low	Stringa	Valore relativo alla curva di isolivello considerata (Lden 50, 55, 60, 65, 70, 75 dB)
IT_a_DF4_8_2017_Roads_CG_NoiseContourMap_Lnight			
Nome Attributo	Descrizione	Tipo Campo	Descrizione
CTRY_CD	CountryCode	Stringa	Identificativo univoco Stato membro (Valore fisso IT)
RpEnt_CD	ReportingEntityUniqueCode	Stringa	Codice Reporting Entity (valore fisso lettera a)
UnRoadID	UniqueRoadId	Stringa	Identificativo univoco
DB_Low	Noise Value Low	Stringa	Valore relativo alla curva di isolivello considerata (Lden 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 dB)
IT_a_DF4_8_2017_Roads_CG_NoiseAreaMap_Lden			
Nome Attributo	Descrizione	Tipo Campo	Descrizione
CTRY_CD	CountryCode	Stringa	Identificativo univoco Stato membro (Valore fisso IT)
RpEnt_CD	ReportingEntityUniqueCode	Stringa	Codice Reporting Entity (valore fisso lettera a)
UnRoadID	UniqueRoadId	Stringa	Identificativo univoco
DB_Low	Noise Value Low	Stringa	Valore inferiore della coppia di curve isolivello che delimitano la fascia considerata (Lden 50, 55, 60, 65, 70, 75 dB) Es: Lden 50 (per intervallo 50-55)
DB_High	Noise Value High	Stringa	Valore più alto della coppia di curve isolivello che delimitano la fascia considerata (Lden 55, 60, 65, 70, 75 dB) Es: Lden 55 (per intervallo 50-55)
ALden	Area (Km ²) exposed to each Lden range	Numerico	Superficie totale in Km ² di ciascuna fascia Lden
DLden	Dwellings exposed to each Lden range	Intero	Numero totale di abitazioni, arrotondato al centinaio ed espresso in unità, esposte in ciascuna fascia Lden
PLden	Numbers people exposed to each Lden range	Intero	Numero totale di persone, arrotondato al centinaio ed espresso in unità, esposte in ciascuna fascia Lden
IT_a_DF4_8_2017_Roads_CG_NoiseAreaMap_Lnight			
Nome Attributo	Descrizione	Tipo Campo	Descrizione
CTRY_CD	CountryCode	Stringa	Identificativo univoco Stato membro (Valore fisso IT)
RpEnt_CD	ReportingEntityUniqueCode	Stringa	Codice Reporting Entity (valore fisso lettera a)
UnRoadID	UniqueRoadId	Stringa	Identificativo univoco
DB_Low	Noise Value Low	Stringa	Valore inferiore della coppia di curve isolivello che delimitano la fascia considerata (Lden 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 dB)
DB_High	Noise Value High	Stringa	Valore più alto della coppia di curve isolivello che delimitano la fascia considerata (Valori Lden 45, 50, 55, 60, 65, 70 dB) Es: Lden 50 (per intervallo 50-55)
PLnight	Numbers people exposed to each Lnight range	Intero	Numero totale di persone, arrotondato al centinaio ed espresso in unità, esposte in ciascuna fascia Lnight



La seguente tabella riassume il materiale trasmesso:

Inserisci una tabella riassuntiva del materiale trasmesso, comprensiva di una riga per la "Lettera di accompagnamento".

Facciamo una unica tabella per MATT e Regioni Veneto e Lombardia (quindi inserendo anche per le regioni i DF1_5)



10 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- 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, August 2007.
- 4) Decreto Legislativo 194/2005, Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.
- 5) DECRETO LEGISLATIVO 17 febbraio 2017 n. 42, 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. (17G00055) (GU Serie Generale n.79 del 4-4-2017)
- 6) Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 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, Marzo 2017
- 7) Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/05), Specifiche tecniche, Marzo 2017