



**COMITATO REGIONALE DI COORDINAMENTO
EX ART. 15 BIS LR. 89/98**



Linee guida per la verifica delle pavimentazioni
fonoassorbenti e/o a bassa emissività negli
interventi di risanamento acustico
ad uso degli enti locali

NT-02/2014

Informazioni generali

Il Comitato regionale di coordinamento ex art. 15 bis della l.r. 89/98 è stato istituito con Deliberazione della Giunta Regionale n. 202 del 19 marzo 2012, avente per oggetto “Istituzione Comitato regionale di coordinamento e modalità di funzionamento e partecipazione ai lavori ai sensi dell'articolo 15 bis della l.r. 1 dicembre 1998, n. 89 “Norme in materia di inquinamento acustico e s.m.i.””.

Il Comitato svolge funzioni di raccordo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni di controllo di cui alla l.r. 89/98, da parte degli enti preposti, per una applicazione omogenea della vigente normativa in materia sul territorio regionale, predisponendo documenti, linee guida ecc. e curandone la pubblicazione e divulgazione, di norma sui siti web istituzionali, in modo da garantirne la massima diffusione.

La presente pubblicazione raccoglie le raccomandazioni del Comitato per la verifica delle pavimentazioni fonoassorbenti e/o a bassa emissività negli interventi di risanamento acustico ad uso degli enti locali, in modo da avere, a livello regionale, uniformità nei controlli tale da consentire la confrontabilità dei risultati.

Avvertenza

Le linee guida riportate nella pubblicazione possono costituire un utile strumento di indirizzo e comportamento omogeneo sul territorio regionale, che le diverse Amministrazioni interessate potranno applicare nei propri procedimenti amministrativi.

Autori

Aldo Ianniello	<i>Presidente del Comitato - Regione Toscana – Dirigente Settore Energia, Tutela della Qualità dell’Aria e dall’Inquinamento Elettromagnetico ed Acustico</i>
Emanuela Balocchini	<i>Membro del Comitato - Regione Toscana – Dirigente Settore Prevenzione e Sicurezza in Ambienti di Vita e di Lavoro, Alimenti e Veterinaria</i>
Gaetano Licitra	<i>Membro del Comitato – Responsabile del Dipartimento di Lucca designato da ARPAT</i>
Arnaldo Melloni	<i>Membro del Comitato - Comune di Firenze - Rappresentante dei Comuni Toscani nominato dal Consiglio delle Autonomie Locali</i>
Guido Menichetti	<i>Membro del Comitato - Provincia di Pisa – Rappresentante delle Province Toscane nominato dal Consiglio delle Autonomie Locali</i>
Iole Pinto	<i>Membro del Comitato - Responsabile Sezione Agenti Fisici del Dipartimento di Prevenzione AUSL 7 - designata dal Comitato tecnico per la prevenzione collettiva AUSL</i>
Giorgio Galassi, Daniela Germani	<i>Regione Toscana - Settore Energia, Tutela della Qualità dell’Aria e dall’Inquinamento Elettromagnetico ed Acustico</i>
Michela Di Matteo	<i>Regione Toscana – Settore Viabilità di Interesse Regionale</i>

Con il Contributo della Commissione Agenti Fisici di ARPAT.

Indice

Informazioni generali	Pag. 3
Premessa	Pag. 5
Procedure di misura	Pag. 6
Indicazioni per la stazione appaltante	Pag. 6
Quadro normativo vigente	Pag. 6
Principali norme tecniche di riferimento	Pag. 7
Appendice A: Metodo di misura del livello sonoro bordo strada normalizzato	Pag. 9
Appendice B: Metodo di misura del livello di rumore di rotolamento (CPX)	Pag. 13

1. Premessa

La Regione Toscana dal 2004 al 2014 ha concesso finanziamenti ai Comuni toscani per il risanamento acustico delle proprie infrastrutture di trasporto per un importo complessivo pari a 24 milioni di euro. Circa la metà di tale contributo ha riguardato la copertura di spese per ripavimentazione di strade con posa di pavimentazioni fonoassorbenti.

Nell'ambito del Piano Nazionale della Sicurezza Stradale nel 2005, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, la Regione Toscana e le Province hanno finanziato il progetto di ricerca "Leopoldo" del Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Pisa in collaborazione con ARPAT, che si proponeva di definire apposite linee guida per la progettazione, la costruzione, il controllo e la manutenzione della viabilità ordinaria della Regione Toscana. Con Delibera del 11/03/2013 n. 157 (Bollettino Ufficiale della Regione Toscana supplemento n. 12 del 20/03/2013) la Giunta Regionale ha preso atto dei risultati della prima fase del progetto ormai conclusa. La Giunta ha inoltre dato mandato alla Direzione Generale Politiche Territoriali, Ambientali e per la Mobilità e alla Direzione Generale Organizzazione di provvedere alla promozione e alla diffusione dei risultati del progetto, al fine di ottimizzare le risorse regionali per l'attuazione degli interventi.

I dati raccolti con il progetto "Leopoldo" sono messi a disposizione degli enti/gestori che devono realizzare interventi di risanamento acustico di infrastrutture di trasporto stradali mediante pavimentazioni e possono fornire indicazioni per valutare ante-operam le prestazioni delle possibili soluzioni tipologiche sperimentate all'interno del progetto stesso in relazione agli obiettivi di risanamento che si vogliono conseguire. La documentazione prodotta fornisce inoltre indicazioni preziose per la stesura dei capitolati di gara e per la corretta definizione delle caratteristiche e delle metodiche di stesa, per ottenere i migliori risultati di mitigazione del rumore alla sorgente. I risultati ottenuti all'interno del progetto dai monitoraggi nel tempo delle prestazioni acustiche delle pavimentazioni hanno consentito inoltre di stimare il degrado delle prestazioni nel tempo, tali informazioni sono utili per poter gestire la programmazione della manutenzione delle pavimentazioni ai fini della mitigazione del rumore.

All'interno del Progetto sono state individuate le tecnologie, i materiali e le tipologie di intervento da adottare per la costruzione e la manutenzione delle pavimentazioni stradali con l'obiettivo anche, di migliorare la sicurezza della circolazione ed allo stesso tempo garantire requisiti di ecocompatibilità e di durabilità. Sono state caratterizzate inoltre, le prestazioni dei materiali impiegati e verificati i modelli di propagazione dei disturbi sonori e vibrazionali derivanti dal traffico veicolare.

Il presente documento fornisce agli Enti Locali linee guida per la verifica delle prestazioni delle pavimentazioni stradali fonoassorbenti e/o a bassa emissività, utilizzate negli interventi di abbattimento e contenimento del rumore prodotto dalle infrastrutture di trasporto di interesse regionale e locale in gestione a Enti pubblici (Comuni, Province e Regione), fatti salvi gli obblighi derivanti dal rispetto delle disposizioni di cui all'articolo 10, comma 1 del DPR 142/2004. I risultati dei controlli sulle prestazioni acustiche delle pavimentazioni saranno utile strumento per una migliore definizione degli interventi di risanamento futuri.

2. Procedure di misura

Per poter valutare le prestazioni acustiche delle pavimentazione stradali è necessario individuare strumenti e metodologie di misura e controllo omogenei sul territorio regionale che consentano il confronto tra i risultati garantendo la riproducibilità delle misure stesse. I risultati

delle misure consentiranno in tal modo anche di ottimizzare le spese nella scelta dei materiali e nel mantenimento delle prestazioni degli stessi massimizzandone l'efficacia in termini di riduzione del rumore e durata.

Le indicazioni per l'effettuazione di misure del livello sonoro a bordo strada sono riportate nell'Appendice A mentre nell'Appendice B sono descritte le procedure e per le misure di livello sonoro di rotolamento da utilizzarsi per effettuare le verifiche di legge.

3. Indicazioni per la stazione appaltante

Per la stazione appaltante un importante strumento per assicurarsi che le prestazioni acustiche relative all'intervento di risanamento siano garantite almeno per un determinato periodo di tempo è chiedere la fideiussione alla ditta vincitrice dell'appalto, la quale deve garantire il mantenimento delle prestazioni acustiche richieste durante un determinato periodo di tempo (2-3 anni) durante il quale saranno svolte da parte degli enti preposti le verifiche strumentali di cui alle presenti linee guida. Dalle garanzie sulle prestazioni delle pavimentazioni è fatto salvo il degrado dovuto ad interventi, autorizzati dal comune, per intercorse emergenze che possono modificare le prestazioni dell'asfalto stabilite nel capitolato. Nel caso di tali interventi, le prove di misura periodiche dovranno riguardare le parti non modificate della pavimentazione.

Nel caso in cui gli interventi per intercorse emergenze abbiano, invece, riguardato un tratto sostanziale della pavimentazione in studio, va attentamente valutato se questi non abbiano compromesso il risanamento acustico atteso.

4. Quadro normativo vigente

- Legge Regionale 89/1998 articolo 14 *“1. I comuni esercitano le funzioni di controllo previste dall'articolo 14, comma 2, della l. 447/1995, avvalendosi, per le rispettive competenze, dell'ARPAT, nelle forme e con le modalità stabilite dalla l.r. 30/2009, nonché delle Aziende unità sanitarie locali, secondo quanto previsto dalla deliberazione di cui all'articolo 2, comma 2, lettera b). 2. Nei casi previsti dall'articolo 12, commi 4 e 5, i controlli relativi devono essere eseguiti nel rispetto delle modalità stabilite dal regolamento di cui all'articolo 2, comma 1, lettera h). 3. Fatte salve le competenze spettanti ai comuni ai sensi del comma 1, le funzioni di vigilanza e di controllo, relative ad ambiti territoriali ricadenti nel territorio di più comuni, sono esercitate dalle province, che a tal fine utilizzano le strutture dell'ARPAT, secondo quanto disposto dall'articolo 14, comma 1, della l. 447/1995 e nel rispetto delle forme e modalità stabilite dalla l.r. 30/2009”.*
- DM 29/11/2000 articolo 2, comma 5 *“Entro sei mesi dalla data di ultimazione di ogni intervento previsto nel piano di risanamento, la società o l'ente gestore ivi compresi i comuni, le province e le regioni, nelle aree oggetto dello stesso piano, provvede ad eseguire rilevamenti per accertare il conseguimento degli obiettivi del risanamento e trasmette i dati relativi al comune ed alla regione o all'autorità da essa indicata”.*
- DM 29/11/2000 articolo 6, comma 2 *“L'attività di controllo sul conseguimento degli obiettivi del risanamento è svolta, nell'ambito delle competenze assegnate dal decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, e dalla normativa statale e regionale”.*
- DPR 142 articolo 10, comma 1 *“I sistemi di monitoraggio per il rilevamento dell'inquinamento da rumore prodotto nell'esercizio delle infrastrutture stradali devono essere realizzati in conformità alle direttive impartite dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, sentito il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti ai sensi dell'articolo 227 del decreto*

legislativo n. 285 del 1992. 2. Per i sistemi di cui al comma 1, i gestori provvederanno sulla base dei compiti istituzionali avvalendosi degli ordinari stanziamenti di bilancio”.

5. Principali norme tecniche di riferimento (vedi relazione Progetto Leopoldo 1 Fase”, DGR n. 157/2013

- Norma UNI EN 12697-1:2012 “*Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 1: Contenuto di legante solubile*”.
- Norma UNI EN 12697-23:2006 “*Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 23: Determinazione della resistenza a trazione indiretta di provini bituminosi*”.
- Norma UNI EN 12697-2:2008 “*Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 2: Determinazione della granulometria*”.
- Norma UNI EN 12697-8:2003 “*Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Determinazione delle caratteristiche dei vuoti di provini bituminosi*”.
- Norma UNI ISO 7188:1999 “*Acustica - Misurazione del rumore emesso dalle autovetture nelle condizioni rappresentative di traffico urbano*”.
- Norma UNI EN ISO 11819-1:2004 “*Acustica – Misurazione dell’influenza delle superfici stradali sul rumore da traffico – Metodo statistico applicato al traffico passante*”.
- Norma UNI ISO 13472-1:2004 “*Misurazione in siti del coefficiente di assorbimento acustico di superfici stradali – Metodo della superficie estesa*”.
- Norma ISI CD 11819-2:2000 “*Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method*”.
- Norma UNI EN 1097-2:2010 “*Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione*”.
- Norma UNI EN 933-5:2006 “*Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 5: Determinazione della percentuale di superfici frantumate negli aggregati grossi*”.
- Norma UNI EN 933-1:2012 “*Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Parte 1: Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per setacciatura*”.
- Norma UNI EN 1367-1:2007 “*Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Parte 1: Determinazione della resistenza al gelo e disgelo*”.
- Norma UNI EN 12697-11:2006 “*Miscele bituminose - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 11: Determinazione dell'affinità tra aggregato e bitume*”.
- Norma UNI EN 13043:2004 “*Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico*”.

Appendice A

METODO DI MISURA DEL LIVELLO SONORO BORDO STRADA NORMALIZZATO

A.1 Premessa

Il metodo prevede l'esecuzione di campagne di misura prima e dopo la messa in opera della pavimentazione oggetto di studio, con opportuna tempistica delle campagne post-operam per verificare il mantenimento nel tempo delle prestazioni acustiche (p. es. 6 mesi, 1 anno, 2 anni e 3 anni dalla stesa della pavimentazione).

A.2 Postazione di misura

Il metodo presuppone una scelta accorta della postazione di misura, che in ogni campagna dovrà essere sempre la stessa, con particolare riferimento alle distanze del microfono dalla sorgente stradale e dalle superfici/ostacoli più prossimi. Specificatamente, si dovrà scegliere una postazione influenzata dal solo rumore del traffico stradale, possibilmente lontana da intersezioni con altri assi viari importanti oltre quello studiato, semafori o altri elementi di discontinuità. Lo stato ante-operam del tratto stradale studiato deve essere caratterizzato da normale usura, ossia privo di buche, fessurazioni, avvallamenti o comunque deterioramenti evidenti e pronunciati che possono indurre un incremento della rumorosità al transito.

A.3 Condizioni ambientali

Per ridurre al minimo la variabilità fra le varie campagne di misura, legata alla differenza delle condizioni ambientali, è opportuno che le campagne siano effettuate indicativamente nella stessa stagione o comunque in periodi caratterizzati da condizioni meteo-climatiche equivalenti o paragonabili.

Le condizioni meteorologiche del periodo di misura dovranno essere conformi a quanto previsto al riguardo dal DM 16/03/98. Inoltre, con particolare riferimento a superfici stradali caratterizzate da un'elevata porosità, il periodo di misura dovrà essere scelto lontano da eventi di pioggia (almeno 2 giorni).

A.4 Dati da acquisire

Il metodo si basa sull'acquisizione sincronizzata, in continuo, non presidiata e per un periodo di tempo di alcuni giorni, dei seguenti dati:

- livelli sonori L_{Aeq} su base oraria (o frazione di ora) misurati in prossimità dell'asse stradale (dove possibile 5-15 m in pianta dalla mezzzeria) con metodologia conforme ai requisiti metrologici di cui al DM 16/03/98;
- velocità di transito dei veicoli;
- numero di transiti;
- tipo di veicolo (classificazione minima: veicoli leggeri e pesanti);
- set standard di parametri meteorologici (pressione, temperatura, umidità relativa, pioggia, velocità del vento).

Per escludere l'influenza di sorgenti sonore indesiderate ed estranee al rumore stradale, non prevedibili preventivamente (quali sirene o altri eventi anomali) è opportuno utilizzare adeguate tecniche di campionamento (acquisizione di eccedenze, registrazioni audio, ecc.) che permettano, in fase di post elaborazione dei dati, il riconoscimento e l'eliminazione di tali contributi dai livelli sonori misurati.

A.5 Elaborazione dei dati

Metodo a

Dai livelli sonori acquisiti su base oraria (o frazione di ora) opportunamente depurati dai contributi indesiderati, vengono calcolati i livelli sonori giornalieri diurno (6:00-22:00) e notturno (22:00-6:00). Questi vengono poi normalizzati a un volume e a una composizione di traffico fissati (tipicamente i valori medi relativi all'insieme delle campagne di misura svolte) ricorrendo a opportune leggi di scala logaritmica reperibili in letteratura, purché rappresentative del particolare contesto studiato [1].

La valutazione di efficacia acustica della pavimentazione stradale viene eseguita calcolando le differenze di livello sonoro rispetto al valore ante-operam, per il periodo diurno e notturno.

Metodo b

In alternativa, può essere utilizzato un procedimento statistico di regressione multivariata dei livelli sonori acquisiti su base oraria (o frazione di ora) in funzione dei corrispondenti flussi veicolari [2, 3]. In questo caso il coefficiente di determinazione R^2 associato al modello di regressione utilizzato è auspicabile che sia migliore di 0.7.

Il più semplice modello utilizzabile è

$$L_{Aeq} = A + 10\text{Log}_{10}(Q_{leggeri} + BQ_{pesanti}) \quad (1)$$

dove

L_{Aeq} è il livello sonoro misurato su base oraria (o frazione di ora);

A e B rappresentano i parametri del modello da determinare;

$Q_{leggeri}$ è il flusso veicolare dei mezzi leggeri su base oraria (o frazione di ora);

$Q_{pesanti}$ è il flusso veicolare dei mezzi su base oraria (o frazione di ora).

L'analisi deve essere condotta separatamente per il periodo diurno e notturno, nel caso si verificano regimi di traffico e condizioni ambientali significativamente differenti nei due casi, in ordine alla velocità di transito e alla tipologia di traffico (andamento discontinuo, scorrimento libero, ecc.) nonché alle condizioni meteorologiche.

Una volta determinati i parametri A e B, la valutazione di efficacia acustica della pavimentazione stradale viene eseguita utilizzando la (1) inserendovi i flussi medi veicolari (diurni e notturni) determinati sull'insieme delle campagne di misura, e calcolando le differenze di L_{Aeq} rispetto al valore ante-operam.

Un affinamento dei procedimenti descritti (metodi a e b) include la valutazione di opportune correzioni ai livelli sonori per tener conto della variazione della velocità media di transito e dei parametri meteorologici da una campagna all'altra [1].

A.6 Bibliografia

- [1] D. Casini, A. Gori, A. Poggi, “Prestazione acustica di un “rubber asphalt” messo in opera in ambito urbano”, atti 37° Convegno Nazionale AIA, Siracusa, 26-28 maggio, 2010.
- [2] N. Volpi, D. Casini, A. Poggi, “Monitoring of traffic noise in urban area: an estimation of the emission and of its trend vs. time”, proc. Euronoise 2003, Naples (Italy), May 19-21, 2003.
- [3] A. Poggi, D. Casini, C. Fagotti, S. Secchi, “Contribution of double layer asphalt in reduction of urban traffic noise”, proc. Internoise 2000, Nice (France), August 27-30, 2000.

Appendice B

METODO DI MISURA DEL LIVELLO DI RUMORE DI ROTOLAMENTO (CPX)

B.1 Misura del rumore di rotolamento

Il metodo più diffuso per valutare l'emissione di rumore generato dall'interazione pneumatico-pavimentazione è il metodo CPX, il cui principio e sistema di misura sono descritti nella norma tecnica ISO/DIS 11819-2[1]. Il metodo si basa sull'acquisizione dei livelli sonori nell'intervallo di frequenze 315 – 5000 Hz, utilizzando due o più microfoni posizionati in prossimità del punto di contatto pneumatico/pavimentazione. Tale metodo è stato ampiamente utilizzato nella valutazione prestazionale delle pavimentazioni utilizzate nell'ambito del Progetto Regionale LEOPOLDO [2].

B.2 Premessa

Il metodo CPX prevede l'esecuzione di campagne di misura prima e dopo la messa in opera della pavimentazione oggetto di studio, con opportuna tempistica delle campagne post-operam per verificare il mantenimento nel tempo delle prestazioni acustiche (p. es. 6 mesi, 1 anno, 2 anni e 3 anni dalla stesa della pavimentazione). In sede di misure post-operam è necessario individuare una pavimentazione da utilizzarsi come riferimento per valutare il beneficio della stesa oggetto di studio tramite un criterio differenziale [3]. La pavimentazione di riferimento dovrà presentarsi priva di buche, fessurazioni, avvallamenti o comunque deterioramenti evidenti e pronunciati che possono indurre un incremento della rumorosità. Come pavimentazione di riferimento è auspicabile la scelta di una stesa in usura standard usualmente utilizzata in zona (generalmente DAC o SMA), di pari età alla pavimentazione pre-esistente sul sito dove è stata stesa la pavimentazione oggetto di misura. In sede di misura ante-operam dovranno essere confrontati il tratto che sarà oggetto di risanamento col tratto che sarà utilizzato come riferimento e i relativi livelli L_{CPX} dovranno essere eguali entro la relativa incertezza.

B.3 Percorso di misura

Il metodo presuppone che il mezzo su cui è montato lo pneumatico di misura (carrello trainato o veicolo strumentato) sia condotto sulle pavimentazioni oggetto della misura a velocità costante. Il tragitto percorso, che in ogni campagna dovrà essere sempre lo stesso, compatibilmente con la viabilità del sito di misura, dovrà essere tale da poter escludere riflessioni da superfici a bordo strada o l'influenza del traffico circolante. Il tratto oggetto di analisi deve essere l'intero tratto oggetto di risanamento e comunque non inferiore a 100 m.

B.4 Condizioni ambientali

Per ridurre al minimo la variabilità fra le varie campagne di misura, legata alla differenza delle condizioni ambientali, è opportuno che le campagne siano effettuate indicativamente nella stessa stagione o comunque in periodi caratterizzati da condizioni meteo-climatiche equivalenti o paragonabili.

La temperatura dell'aria deve essere più prossima possibile ai 20° C e la pavimentazione deve essere asciutta. In caso di indagini effettuate a temperatura diversa occorrerà correggere i risultati sulla base di fattori reperibili in letteratura. Per le superfici stradali caratterizzate da un'elevata porosità, il periodo di misura dovrà essere scelto lontano da eventi di pioggia (almeno 2 giorni). E' necessario monitorare anche la temperatura della pavimentazione all'interno del tempo di misura e la misura deve essere condotta in un tempo tale che la variazione di temperatura sia dell'aria che della pavimentazione sia limitata (tipicamente stabile entro 5° C).

B.5 Dati da acquisire

Nel seguito sono riportati due possibili metodi per la misura ed il calcolo dell'indice L_{CPX} :

metodo a) Questo metodo è basato sull'applicazione puntuale della norma nella forma e nei modi descritti in [1].

metodo b) Questo metodo è basato sull'esperienza maturata nell'ambito del Progetto Regionale LEOPOLDO [2] ed è descritto sia in [2] che in [3]. Si basa su una analisi statistica effettuata a tutte le velocità che sono possibili sul tratto di strada analizzato e fornisce una miglior risoluzione spaziale e una miglior informazione sull'andamento con la velocità e una minor dipendenza dalle condizioni meteorologiche della misura rispetto a quanto richiesto da [1].

Il metodo e l'algoritmo di calcolo per ottenere i risultati si basa sull'acquisizione dei livelli in banda di terzi d'ottava tra 315 e 5000 Hz, della velocità di percorrenza e dello spazio percorso.

Per ottenere risultati statisticamente robusti è necessario prevedere:

metodo a) un numero sufficiente di ripetizioni alle tre velocità di riferimento (40, 50 80 km/h se strada urbana; 50, 80 100 km/h se strada extraurbana);

metodo b) un numero sufficiente di ripetizioni a varie velocità nell'intervallo da un minimo di 35 km/h alla massima velocità consentita dalla viabilità e quanto più prossima alla massima velocità di esercizio (velocità di progetto).

B.6 Elaborazione dei dati

Per ogni ripetizione è necessario associare una velocità media di percorrenza per ogni segmento, così come definito dalla norma o secondo quanto stabilito e opportunamente giustificato dall'operatore (ad esempio è possibile utilizzare segmenti pari a 3 giri ruota, ovvero circa 5 m [3] per aumentare la definizione spaziale dei dati di emissione di rumore di contatto ruota/pavimentazione). Ad ogni segmento è inoltre necessario associare un livello sonoro per ciascuna banda di terzi d'ottava nell'intervallo di frequenze di interesse. Secondo quanto descritto nella norma, la media energetica dei livelli di ciascun microfono, ottenuti dalla somma energetica dei rispettivi livelli sonori nelle bande di terzi d'ottava pesati secondo la curva di ponderazione A, restituisce il livello L_{CPX} .

Il risultato finale della misura è il livello L_{CPX} alle velocità di riferimento previste dalla norma (40 se strada urbana, 50, 80, 100 km/h se strada extraurbana) e mediato su tutto lo spazio percorso. Il valore medio spaziale si ottiene come media aritmetica dei livelli L_{CPX} alle velocità di riferimento ottenuti su ciascun segmento spaziale. Per ottenere il livello L_{CPX} alla velocità di riferimento per ogni segmento, è possibile:

- metodo a)** mediare aritmeticamente i risultati di ciascuna ripetizione effettuata alla velocità di riferimento (correggendo le variazioni di velocità secondo quanto previsto dalla norma);
- metodo b)** stimare il valore dalla regressione lineare ottenuta con le misure effettuate a differenti velocità di percorrenza.

Oltre al livello L_{CPX} , è necessario calcolare l'incertezza associata, che tenga conto dell'incertezza di misura e della variabilità spaziale della pavimentazione oggetto della misura (fissato un opportuno livello di confidenza atteso).

B.7 Report di misura

Sulla scheda di misura è necessario riportare:

- data e ora in cui è stata realizzata la campagna di misura;
- sistema di misura;
- pneumatico utilizzato (marca, modello, dimensioni, pressione);
- Il valor medio e l'intervallo di variazione della temperatura dell'aria e di ciascuna pavimentazione oggetto di misura;
- per ciascuna pavimentazione il valore L_{CPX} alle velocità di riferimento corretto per la temperatura dell'aria, secondo quanto previsto dalla norma tecnica, e non corretto. E' necessario indicare se il valore è stato ottenuto tramite regressione lineare o media aritmetica dei livelli corretti in velocità. E' necessario indicare l'incertezza associata, con relativo fattore di copertura, specificandone il calcolo;
- spettro medio in bande di terzi d'ottava alle velocità di riferimento, con relative incertezze associate [4];
- calcolare del valore differenziale, ottenuto secondo $L_{CPX(pav)} - L_{CPX(rif)}$.

B.8 Bibliografia

- [1] ISO/DIS 11819-2, "Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: Close-proximity (CPX) method"
- [2] Progetto della Regione Toscana "LEOPOLDO". Predisposizione delle linee guida per la progettazione ed il controllo delle pavimentazioni stradali per la viabilità ordinaria.
<http://leopoldo.pjxp.com>
- [3] G. Licitra, L. Teti, M. Cerchiai, "A modified Close Proximity method to evaluate the time trends of road pavements acoustical performances" *Applied Acoustics* 01/2014; 76:169–179
- [4] Licitra G., Cerchiai M., Teti L., Nencini L.: "Frequency dependence in tyre-road noise emission using the Close Proximity Method" *Proc. ICSV14, Cairns, Australia, 2007*