

Linee Guida per il monitoraggio del rumore derivante da infrastrutture stradali

Delibera del Consiglio Federale
Seduta del 20 ottobre 2012 - DOC. N. 24/12



Linee Guida per il monitoraggio del rumore derivante da infrastrutture stradali

**Delibera del Consiglio Federale
Seduta del 20 ottobre 2012 - DOC. N. 24/12**

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA), le Agenzie Provinciali per la Protezione dell'Ambiente (APPA) e le persone che agiscono per loro conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Rapporti 99/2013
ISBN 978-88-448-0632-3

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: Delio Atzori

Coordinamento editoriale:

Daria Mazzella

ISPRA – Settore Editoria

Novembre 2013

AUTORI

| | |
|---------------------|------------------------------|
| Salvatore Curcuruto | (ISPRA) |
| Francesca Sacchetti | (ISPRA) |
| Daniele Crea | (ARPA Valle d'Aosta) |
| Jacopo Fogola | (ARPA Piemonte) |
| Paola Maggi | (ARPA Lombardia) |
| Maurizio Bassanino | (ARPA Lombardia) |
| Mauro Mussin | (ARPA Lombardia) |
| Luca Piani | (ARPA Friuli Venezia Giulia) |
| Daniela Domevscek | (ARPA Friuli Venezia Giulia) |
| Stefano Curcio | (ARPA Emilia Romagna) |
| Andrea Poggi | (ARPAT Toscana) |
| Mirti Lombardi | (ARPA Marche) |
| Daniela Giuliani | (ARPA Marche) |
| Stefania Barletti | (ARPA Marche) |
| Antonio Gioiosa | (ARPA Molise) |
| Gerardo Santangelo | (ARPA Basilicata) |
| Rocco Marchese | (ARPA Basilicata) |

Indice

| | |
|---|-----------|
| 1. Premessa | 3 |
| 2. Riferimenti normativi e tecnici per l'attività di monitoraggio | 5 |
| 2.1. Riferimenti normativi | 5 |
| 2.2. Riferimenti tecnici | 6 |
| 3. Finalità e requisiti generali del monitoraggio acustico | 9 |
| 3.1. Il monitoraggio "su area vasta" | 9 |
| 3.2. Il monitoraggio "localizzato" | 9 |
| 4. Il sistema di monitoraggio | 11 |
| 4.1. Le postazioni di rilevamento acustico | 11 |
| 4.2. Le postazioni di rilievo dei dati meteorologici | 14 |
| 4.3. I sistemi di rilevamento del traffico | 15 |
| 4.4. I modelli previsionali | 16 |
| 5. La localizzazione dei punti di monitoraggio | 20 |
| 5.1. La postazione sorgente-orientata | 21 |
| 5.2. La postazione ricettore-orientata | 21 |
| 5.3. Il posizionamento della strumentazione | 22 |
| 6. L'organizzazione e la realizzazione del monitoraggio | 24 |
| 6.1. L'organizzazione del monitoraggio | 24 |
| 6.2. L'acquisizione dei dati..... | 25 |
| 6.2.1. I parametri acustici | 26 |
| 6.2.2. La procedura di misurazione | 26 |
| 6.2.3. Numero, durata e frequenza delle misurazioni..... | 28 |
| 6.3. L'elaborazione dei dati | 29 |
| 6.3.1. La verifica di qualità del dato | 30 |
| 6.3.2. La variabilità casuale e deterministica..... | 31 |
| 6.3.3. L'individuazione di sorgenti interferenti | 32 |
| 6.3.4. Estrapolazione delle misure nel tempo..... | 33 |
| 6.3.5. Estrapolazione delle misure nello spazio | 33 |
| 6.4. La trasmissione dei dati..... | 34 |
| 7. L'informazione e il reporting | 35 |
| 7.1. I Rapporti periodici..... | 35 |
| 7.1.1. I rapporti redatti dal gestore dell'infrastruttura | 36 |
| 7.1.2. I rapporti redatti dal soggetto verificatore del sistema di monitoraggio | 37 |
| 7.2. L'informazione al pubblico..... | 37 |
| 7.3. La gestione delle lamentele | 38 |
| 8. La verifica del sistema di monitoraggio | 41 |
| 8.1. Verifica dei requisiti | 41 |
| 8.2. Verifica di efficienza..... | 42 |

1. Premessa

Il monitoraggio acustico di un'infrastruttura stradale finalit  rappresenta un elemento indispensabile per:

1. verificare la compatibilit  ambientale, ovvero il rispetto dei limiti acustici¹, sia all'interno delle fasce di pertinenza acustica sia al di fuori delle fasce stesse, prioritariamente in corrispondenza dei ricettori sensibili².
2. per un'infrastruttura realizzata a seguito di esito positivo di VIA:
 - eseguire il monitoraggio *post operam* secondo quanto stabilito nel Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA);
 - convalidare le ipotesi di lavoro e le analisi effettuate nella valutazione di impatto acustico effettuata nel SIA;
 - verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione realizzati (alla sorgente, lungo la via di propagazione del rumore, ai ricettori);
 - verificare l'ottemperanza ad eventuali prescrizioni VIA.
3. collaudare gli interventi di mitigazione, successivamente all'approvazione del Piano di abbattimento e contenimento del rumore, realizzato ai sensi del D.M. 29/11/2000.
4. supportare le attivit  di elaborazione della mappatura acustica secondo metodologie riconosciute per le "infrastrutture stradali principali" ai sensi del D.Lgs. 194/2005³,
5. acquisire serie storiche di dati che possano caratterizzare l'andamento dei livelli di inquinamento acustico nel lungo periodo, anche per ottenere informazioni sul mantenimento delle caratteristiche di protezione acustica dei ricettori.
6. gestire segnalazioni/esposti provenienti dai cittadini relativamente a situazioni di disturbo da rumore.

Considerate le molteplici finalit  evidenziate, il monitoraggio acustico si pu  distinguere in:

- **monitoraggio "su area vasta"**: monitoraggio che permette, attraverso l'acquisizione dei dati di rilievi fonometrici effettuati in alcuni punti del territorio, di estendere, mediante il supporto di strumenti modellistici, la valutazione dei livelli sonori prodotti dall'infrastruttura su tutti i ricettori presenti;
- **monitoraggio "localizzato"**: monitoraggio che permette di acquisire informazioni puntuali sui livelli sonori in determinati siti considerati significativi per presenza di ricettori sensibili, sorgenti concorsuali con l'infrastruttura in esame, presidi di mitigazione, elementi morfologici e/o infrastrutturali acusticamente complessi (come imbocchi di gallerie e viadotti).

Caratteristica fondamentale dell'attivit  di monitoraggio consiste nella possibilit  di mettere a sistema tutte le informazioni necessarie per una corretta contestualizzazione dei dati di

¹ Limiti definiti dal D.P.R. 30 marzo 2004, n. 142 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della L. 26 ottobre 1995, n. 447"

² Si intendono, per ricettori sensibili le scuole (relativamente al periodo diurno), gli ospedali, le case di cura e le case di riposo.

³ D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194. "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".

inquinamento acustico, nello spazio e nel tempo, in relazione ai diversi fattori di pressione (come ad esempio il flusso di traffico).

Scopo della presente Linee Guida è quello di indicare criteri generali e fornire indicazioni per pianificare, progettare e svolgere il monitoraggio dell'inquinamento acustico delle infrastrutture di trasporto stradale, con particolare riferimento alle infrastrutture stradali in esercizio di tipo A, B, C e D, così come definite dal Codice della Strada (D.Lgs. 285/1992 e s.m.i)⁴, ovvero alle infrastrutture stradali già sottoposte a procedura di VIA nazionale o regionale che hanno ottenuto un parere di compatibilità ambientale - con eventuali prescrizioni VIA - e sono state realizzate.

⁴ Infrastrutture stradali il cui contributo al rumore complessivo del luogo è prevalente (??) rispetto alle altre sorgenti presenti.

2. Riferimenti normativi e tecnici per l'attività di monitoraggio

2.1. Riferimenti normativi

Il quadro normativo relativo all'inquinamento acustico generato dalle infrastrutture di trasporto stradale è riportato di seguito:

- D.P.C.M. 14 novembre 1997, *“Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”* (GURI Serie Generale n. 280 del 01/12/97);
- D.M. Ambiente 16 marzo 1998, *“Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico”* (GURI Serie Generale n. 76 del 01/04/98);
- D.M. Ambiente 29 novembre 2000, *“Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore”* (GURI Serie Generale n. 285 del 06/12/00);
- D.P.R. 30 marzo 2004, n. 142, *“Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della Legge 26 ottobre 1995, n. 447”* (GURI n. 127 del 01/06/04);
- D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 194, *“Attuazione della direttiva⁵ 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale”* (GURI Serie Generale n. 222 del 23/09/05);
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. *“Norme in materia ambientale”*, (GURI Serie Generale n. 88 del 14/04/2006, Supplemento ordinario n. 96)

Tra questi l'unico riferimento esplicito all'attività di monitoraggio è riportato all'**art. 10 del D.P.R. n. 142/04**, in cui si afferma genericamente che *“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 (...). Per i sistemi (...), i gestori provvederanno sulla base dei compiti istituzionali, avvalendosi degli ordinari stanziamenti di bilancio”*.

Le linee guida sopraindicate non sono state ancora emanate e, pertanto, i requisiti richiesti per il monitoraggio di esercizio rimangono ad oggi non esplicitati nel quadro normativo italiano.

Per quanto riguarda invece il monitoraggio acustico nell'ambito della normativa in materia di VIA Ordinaria o Speciale, il riferimento specifico è costituito dall'art. 28 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., (commi 1, 1bis e 2), il quale indica chiaramente come all'interno degli studi d'impatto ambientale (SIA) debbano essere individuate le modalità per la realizzazione del monitoraggio di tutte le componenti ambientali interessate dall'opera:

- comma 1: *“Il provvedimento di valutazione dell'impatto ambientale contiene ogni opportuna indicazione per la progettazione e lo svolgimento delle attività di controllo e monitoraggio degli impatti. Il monitoraggio assicura, anche avvalendosi dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale e del sistema delle Agenzie ambientali, il controllo sugli impatti ambientali significativi sull'ambiente provocati dalle opere approvate, nonché la corrispondenza alle prescrizioni espresse sulla compatibilità*

⁵ La direttiva 2002/49/CE è spesso identificata come Environmental Noise Directive e abbreviata con l'acronimo END.

ambientale dell'opera, anche, al fine di individuare tempestivamente gli impatti negativi imprevisti e di consentire all'autorità competente di essere in grado di adottare le opportune misure correttive”;

- *comma 1-bis: “In particolare, qualora dalle attività di cui al comma 1 risultino impatti negativi ulteriori e diversi, ovvero di entità significativamente superiore, rispetto a quelli previsti e valutati nel provvedimento di valutazione dell'impatto ambientale, l'autorità competente, acquisite informazioni e valutati i pareri resi può modificare il provvedimento ed apporvi condizioni ulteriori rispetto a quelle di cui al comma 5 dell'articolo 26. Qualora dall'esecuzione dei lavori ovvero dall'esercizio dell'attività possano derivare gravi ripercussioni negative, non preventivamente valutate, sulla salute pubblica e sull'ambiente, l'autorità competente può ordinare la sospensione dei lavori o delle attività autorizzate, nelle more delle determinazioni correttive da adottare”;*
- *comma 2: “Delle modalità di svolgimento del monitoraggio, dei risultati e delle eventuali misure correttive adottate ai sensi del comma 1 è data adeguata informazione attraverso i siti web dell'autorità competente e dell'autorità procedente e delle Agenzie interessate.”*

La necessità del monitoraggio era stata già individuata dal D.P.C.M. 27 dicembre 1988 *“Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6, L. 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377”*, in cui all'art.5, lettera e), viene indicato come il Quadro di Riferimento Ambientale relativo a tutte le componenti ambientali all'interno del SIA debba contenere anche la definizione degli *“strumenti di gestione e di controllo e, ove necessario, le reti di monitoraggio ambientale, documentando la localizzazione dei punti di misura e i parametri ritenuti opportuni”*.

2.2. Riferimenti tecnici

L'ISPRA ha redatto alcune Linee Guida che possono fornire supporto alla definizione di un sistema di monitoraggio per il trasporto stradale ed essere prese in considerazione per le finalità del documento in oggetto :

- *“Linee guida per la progettazione di reti di monitoraggio per il disegno di stazioni di rilevamento relativamente all'inquinamento acustico”, RTI CTN_AGF 3/2001;*
- *“Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA) delle opere di cui alla Legge Obiettivo (Legge 21/12/2001, n.443)”, ANPA, rev. 1 del 4 settembre 2003;*
- *“Linee guida per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale”, ISPRA, 2010;*
- *“Linee guida per il controllo dell'efficacia delle mitigazioni acustiche delle infrastrutture di trasporto stradali”, ISPRA, 2011.*

Le *“Linee guida per la progettazione di reti di monitoraggio e per il disegno di stazioni di rilevamento relativamente all'inquinamento acustico”* sono rivolte agli operatori nel settore dell'acustica ambientale che svolgono o si avviano a condurre attività di monitoraggio e che dispongono già di una specifica formazione ed esperienza sulla misura e la propagazione del suono all'aperto. Tale documento si propone di fornire ai tecnici indicazioni pratiche, definendo limiti e potenzialità delle diverse metodologie di raccolta dati di inquinamento acustico in relazione ai diversi scopi ed indicando metodi per ottenere dati confrontabili e report di verificata affidabilità.

Le *“Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA) delle opere di cui alla Legge Obiettivo (Legge 21/12/2001, n.443)”* forniscono indicazioni per la predisposizione da parte del Proponente l’opera del PMA. Il PMA deve prevedere, per ciascuna componente ambientale esaminata:

- l’individuazione, coerentemente con la normativa di settore, delle modalità di esecuzione e di rilevamento del monitoraggio, ovvero dei parametri da monitorare, dei valori soglia e/o di riferimento, di determinati criteri di campionamento;
- l’individuazione delle aree sensibili, per presenza della sorgente di interferenza e/o di elementi significativi o vulnerabili, attuali o previsti, rispetto ai quali è possibile rilevare una modifica delle condizioni di stato dei parametri caratterizzanti;
- l’individuazione dei punti da monitorare all’interno delle aree sensibili;
- l’individuazione delle tipologie di postazione per effettuare il monitoraggio. In particolare, per la componente rumore, il suddetto documento individua come finalità del monitoraggio post operam: *“(…) la verifica degli impatti acustici intervenuti nelle fasi di pre-esercizio ed esercizio dell’Opera; l’accertamento della reale efficacia degli eventuali provvedimenti posti in essere per garantire la mitigazione dell’impatto acustico sia sull’ambiente antropico circostante, sia sull’ambiente naturale; la predisposizione di eventuali nuove misure per il contenimento del rumore, aggiuntive a quelle previste nel SIA”*.

Le *“Linee guida per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale”* costituiscono il riferimento per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale degli aeroporti italiani. Benché specificatamente rivolto al rumore di origine aeronautica, questo documento può considerarsi un valido supporto per individuare i criteri fondamentali per la gestione di un sistema di monitoraggio, per la verifica dell’efficienza dello stesso, nonché per l’informazione e il reporting.

Le *“Linee guida per il controllo dell’efficacia delle mitigazioni acustiche delle infrastrutture di trasporto stradali”* si propongono di standardizzare le procedure operative atte a verificare l’efficacia degli interventi di mitigazione acustica di infrastrutture di trasporto stradali, sia nell’ambito dei Piani di contenimento e abbattimento del rumore - ai sensi del D.M. 29/11/2000 - , sia nell’ambito della realizzazione degli interventi previsti nel SIA, ovvero in ottemperanza delle prescrizioni contenute nei pareri di compatibilità ambientale di VIA. La metodologia proposta riporta, in particolare, i criteri da adottare per la verifica del rispetto dei valori limite vigenti, misurati presso i ricettori, e può essere utilizzata per le attività di verifica svolte dagli organismi di controllo e/o dai gestori delle infrastrutture stradali.

Di seguito si riportano le norme tecniche emanate dall’Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) che possono essere utilmente richiamate nel caso del monitoraggio stradale:

- UNI/TS 11387, *“Acustica - Linee guida alla mappatura acustica e mappatura acustica strategica - Modalità di stesura delle mappe”*;
- UNI 11022, *“Acustica - Misurazione dell’efficacia acustica dei sistemi antirumore (insertion loss), per infrastrutture di trasporto, installati in ambiente esterno”*;
- UNI 11160, *“Linee guida per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo di sistemi antirumore per infrastrutture di trasporto via terra”*;

- UNI 11143-1, “Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 1: Generalità”;
- UNI 11143-2, “Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 2: Rumore stradale”.

Per le attività connesse alla mappatura acustica è necessario che i metodi di valutazione siano conformi al documento della Commissione Europea 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 “ e s.m.i.*

3. Finalità e requisiti generali del monitoraggio acustico

3.1. Il monitoraggio "su area vasta"

Si realizza un monitoraggio "su area vasta" se gli obiettivi sono:

- la **verifica del rispetto dei valori limite** e/o di valori obiettivo - eventualmente individuati da prescrizioni VIA, maggiormente cautelativi e tali da garantire più elevati standard di qualità ambientale - estesa su tutta o almeno su gran parte dell'area di influenza dell'infrastruttura stradale in oggetto;
- la **valutazione dello studio effettuato nel SIA**, al fine di verificare l'attendibilità delle previsioni modellistiche effettuate nello scenario post operam, soprattutto laddove sono presenti più elevati margini di incertezza dovuti all'accuratezza e rappresentatività dei dati di input del modello, nonché alle semplificazioni e approssimazioni introdotte nella modellizzazione dell'infrastruttura, e/o laddove i livelli sonori stimati sono prossimi ai valori limite (punti "border-line"), ovvero in situazioni acusticamente complesse da simulare;
- la redazione della **mappatura acustica**, quale obbligo di legge per i gestori degli assi stradali principali ai sensi del D.Lgs. 194/2005⁶;
- l'**acquisizione di serie storiche** di dati acustici in grado di caratterizzare l'andamento nel tempo degli impatti dell'opera sul territorio, anche al fine di valutare le previsioni di attrattività dell'opera e/o l'evoluzione dell'incidenza dell'opera sulla viabilità concorsuale e sui ricettori presenti, soprattutto se l'opera in questione è di attraversamento di centri urbani o presenta aree residenziali limitrofe.

Per perseguire in modo efficace ed efficiente tali finalità il monitoraggio deve essere progettato come un sistema di componenti, attività e procedure fra loro integrati. È necessario, infatti, abbandonare l'idea tradizionale secondo la quale "monitorare" significa esclusivamente eseguire delle misure: l'utilizzo integrato di strumenti di modellizzazione acustica, opportunamente tarati sul traffico reale di esercizio attraverso rilievi fonometrici, permette di estendere l'analisi dei livelli sonori a tutta l'area di influenza dell'infrastruttura, orientando altresì la scelta stessa delle postazioni di monitoraggio. I rilievi fonometrici da prevedere saranno a campione, ovvero di breve termine, e/o di lungo periodo in determinati punti significativi - fra loro eventualmente correlati - e saranno eseguiti con postazioni di misura mobili (o rilocabili) e/o fisse.

3.2. Il monitoraggio "localizzato"

Il monitoraggio "localizzato" risulta pertinente nei casi di:

- a) **presenza di sorgenti concorsuali**, per meglio individuare il contributo della sorgente di specifico interesse;
- b) **gestione delle lamentele**;

⁶«*asse stradale principale*»: un'infrastruttura stradale su cui transitano ogni anno più di 3.000.000 di veicoli" (art. 2, comma 1, lett. d) D.Lgs. 194/2005.

- c) **verifica dell'efficacia delle mitigazioni** progettate, prioritariamente quelle la cui previsione di adeguatezza e durata nel tempo è più incerta;
- d) **verifica di ottemperanza delle prescrizioni impartite in sede di VIA.**

Circa queste due ultime finalità è necessario sottolineare e chiarire alcuni aspetti: nel quadro del progetto presentato e delle prescrizioni impartite in sede di VIA dovrebbe emergere con chiarezza se i requisiti acustici degli interventi realizzati siano intrinseci al manufatto o semplicemente strumentali al rispetto dei limiti al ricettore. Ad esempio, un manto stradale che in sede di verifica/collauda mostra un abbattimento di 2 dBA, invece dei 3 dBA previsti nel SIA, ma che permette comunque di rispettare i limiti ai ricettori risulta accettabile? In caso affermativo il monitoraggio acustico si può limitare a verificare il rispetto dei limiti ai ricettori, tralasciando la verifica del requisito intrinseco del manto stradale, se invece i 3 dBA sono da considerarsi costitutivi dell'opera, perché nel progetto autorizzato è comunque richiesto – eventualmente come prescrizione VIA - un più elevato standard di qualità ambientale dell'opera, è opportuno che il monitoraggio del rumore, eseguito secondo le tempistiche e le modalità già individuate nel PMA, preveda delle verifiche aggiuntive per testare il requisito intrinseco richiesto, con tecniche di misura specifiche. Vi è un ulteriore aspetto da tenere presente nel caso delle mitigazioni in generale, ossia il fatto che le prestazioni acustiche tendono a diminuire nel tempo, e pertanto quanto risulta risanato oggi, ovvero rispondente ai requisiti richiesti, potrebbe non esserlo più in futuro. Questo aspetto, che esula dalle finalità del PMA, rientra a pieno diritto in un piano di manutenzione a regime dell'infrastruttura.

La **verifica dell'efficacia acustica** degli interventi di mitigazione riguarda anche gli **interventi diretti al ricettore**; un monitoraggio "ad hoc" all'interno delle abitazioni dovrebbe essere previsto prima dell'eventuale realizzazione dell'intervento, per controllarne l'effettiva necessità e/o valutarne la portata, anche al fine di progettare in maniera puntuale l'intervento di risanamento stesso, e a intervento realizzato, per verificare il rispetto dei limiti interni previsti dal D.P.R. 142/2004.

Ai fini della verifica dell'efficacia delle mitigazioni e/o delle prescrizioni VIA si fa riferimento a quanto indicato nel documento ISPRA "*Linee guida per il controllo dell'efficacia delle mitigazioni acustiche delle infrastrutture di trasporto stradali*".

Il monitoraggio "localizzato" risulta altresì necessario per gestire le **segnalazioni/lamentele** relative a situazioni di disturbo da rumore pervenute da parte dei cittadini direttamente al gestore dell'infrastruttura, nei casi in cui il gestore stesso non abbia informazioni utili da fornire per dimostrare il rispetto o meno dei limiti di legge e/o dei requisiti richiesti; in questi casi il monitoraggio deve essere effettuato mediante rilevamenti conformi al D.M. 16/03/98.

Chiaramente sarebbe auspicabile che le attività di monitoraggio e manutenzione acustica dei manufatti nel tempo si integrassero con continuità in un sistema unico di gestione dell'asse viario, permettendo controllo continuo dell'infrastruttura di trasporto, da un punto di vista acustico. Nell'ottica di un sistema integrato, possono essere assolte in modo finalmente coordinato e coerente le molteplici incombenze da ascrivere al gestore, che prevedono, accanto al monitoraggio *post operam* richiesto nel PMA e alla manutenzione acustica del manufatto – attraverso la verifica della stabilità nel tempo della conformità acustica dell'opera - anche la gestione degli esposti dei cittadini e l'adempimento degli obblighi di legge (D.Lgs. n. 194/05, D.M. 29/11/200).

4. Il sistema di monitoraggio

Il sistema di monitoraggio acustico di un'infrastruttura stradale è un complesso di elementi articolati in grado di raccogliere in modo sistematico ed organico i dati acustici, altre informazioni utili per le valutazioni dell'inquinamento acustico, quali i dati meteorologici e di traffico, nonché in grado di estrapolare i livelli sonori su un più vasto dominio a partire dai livelli sonori misurati, coerentemente con le finalità del monitoraggio stesso.

Il sistema di monitoraggio è composto, in funzione degli scopi e della complessità del monitoraggio stesso, dai seguenti elementi, strettamente interconnessi tra loro:

- Postazioni di rilevamento acustico;
- Postazioni di rilevamento dei dati meteorologici;
- Sistemi di rilevamento del traffico;
- Centro Elaborazione dei Dati (CED);
- Modelli previsionali.

La postazione di rilevamento acustico, finalizzata all'acquisizione diretta dei livelli sonori prodotti dalla specifica sorgente, è l'unico elemento del sistema sempre presente nel punto di monitoraggio – indipendentemente dalla tipologia di postazione e dalle modalità di misurazione.

Il CED è costituito da un qualunque tipo di apparato in grado di memorizzare, anche in modalità differita, i dati delle stazioni di rilevamento e di permettere l'utilizzo dei modelli previsionali. Questa componente del sistema di monitoraggio non verrà ulteriormente descritta, in quanto le possibili configurazioni sono pressoché illimitate e tutte egualmente accettabili.

4.1. Le postazioni di rilevamento acustico

Si individuano due tipologie di postazione di rilevamento acustico: postazioni fisse e postazioni mobili (o rilocabili).

Le **postazioni fisse** sono generalmente costituite da un box per esterni a tenuta stagna, contenente la strumentazione fonometrica e da apposite apparecchiature di trasmissione collegate permanentemente con il Centro Elaborazione Dati. Questo tipo di postazione necessita di allacciamento alla rete elettrica per l'alimentazione e di apposite strutture di installazione (p.e. palo per il sostegno del box). Le postazioni fisse sono generalmente utilizzate per eseguire misure a lungo termine.

Le **postazioni mobili** sono costituite da apparecchiature dotate di una quantità di memoria sufficiente a memorizzare i dati di monitoraggio per più giorni, con possibilità di operare periodicamente lo scarico degli stessi. Tali postazioni prevedono l'utilizzo di un sistema di alimentazione autonomo (batterie) che ne consente il funzionamento anche in assenza del collegamento alla rete elettrica. Gli strumenti di misura vengono normalmente collocati all'interno di mezzi mobili appositamente allestiti, ad esempio con pali telescopici per il posizionamento del microfono, o idonee valigie/box da posizionare su palo utilizzato come supporto. Le postazioni mobili sono generalmente utilizzate per misure di medio e/o di breve periodo (spot).

Per entrambe le tipologie di postazione di rilevamento acustico, anche se l'alimentazione avviene attraverso la rete elettrica, deve essere previsto l'utilizzo di un apposito sistema di batterie tampone, al fine di garantire la continuità della misura per almeno 24 h in caso di mancanza di alimentazione da rete. Risulta opportuno che anche gli apparati di trasmissione possano funzionare in modalità *off grid*, in modo da trasmettere al Centro Elaborazione Dati un allarme e consentire il funzionamento della trasmissione senza intervento in campo dell'operatore. Nel caso in cui sia previsto l'esaurimento della memoria del sistema di archiviazione periferico dei dati, oppure una caduta di tensione della batteria di backup, deve essere predisposto un intervento in campo in modo da evitare l'interruzione della continuità della misura; a questo scopo è bene estendere la durata della batteria tampone ad almeno 72 ore.

La strumentazione di misura deve essere sempre nella condizione di avere una sufficiente memoria libera per l'archiviazione dei dati. Nel caso di utilizzo di strumentazione collegata in remoto ad un Centro Elaborazione Dati, dal momento che la memoria viene in genere utilizzata in maniera circolare e le risorse di memoria possono essere limitate, deve essere impedito, tramite periodiche verifiche eseguite dal personale che gestisce il sistema di monitoraggio, che lo strumento di misura giunga in una situazione di esaurimento della memoria stessa sovrascrivendo i nuovi dati acquisiti su dati non ancora trasmessi al Centro Elaborazione.

La strumentazione di misura deve essere scelta conformemente alle indicazioni di cui all'art. 2 del D.M. 16/03/1998 ed in particolare deve soddisfare le specifiche di cui alla classe 1 della norma CEI EN 61672. I filtri e i microfoni utilizzati per le misure devono essere conformi, rispettivamente, alle norme CEI EN 61260 e CEI EN 61094. I calibratori devono essere conformi alla norma CEI EN 60942 per la classe 1.

Per quanto riguarda la calibrazione della strumentazione, nel caso delle postazioni mobili deve essere eseguita prima e dopo ogni ciclo di misura con l'utilizzo di un calibratore acustico di classe I, secondo la norma CEI EN 60942; le misure fonometriche eseguite sono valide se le calibrazioni differiscono al massimo di 0,5 dB. Nel caso delle postazioni fisse la verifica della calibrazione può essere eseguita secondo due diverse modalità:

- *Check*, quando viene utilizzato un qualunque sistema che generi in prossimità del microfono un livello noto di pressione sonora a una certa frequenza e il fonometro riporti soltanto la lettura di tale valore, senza effettuare alcuna correzione;
- *Change*, quando viene adoperato un sistema di calibrazione secondo la norma CEI EN 60942 (con pistonofono o sorgente sonora nota) e il fonometro sia impostato in modo da correggere la lettura al fine di fornire lo stesso valore che il sistema di calibrazione genera.

L'operazione di tipo *check* può a sua volta essere eseguita in modo automatico o manuale:

- a) calibrazioni di verifica automatiche o comandate con attuatore elettrostatico o sistema equivalente;
- b) calibrazioni di verifica manuali con pistonofono o sorgente sonora nota⁷.

Il sistema deve consentire all'operatore di completare l'operazione in qualsiasi momento e in qualsiasi postazione di misura. Le calibrazioni di tipo a) vanno effettuate almeno ogni 24 ore, mentre quelle di tipo b) vanno effettuate con cadenza almeno trimestrale. Le verifiche automatiche devono essere effettuate nel periodo notturno, preferibilmente in corrispondenza di orari in cui risulta minimo il volume di traffico. Possono essere effettuate calibrazioni automatiche nel periodo diurno solo per test e per periodi limitati di tempo. La durata media della verifica di

⁷ Per convenzione, i valori 114,0 dB e 94,0 dB sono i valori con cui si intende l'uso di calibratore acustico manuale.

calibrazione per ciascun ciclo, che comprende attivazione, stabilizzazione, lettura e disattivazione, deve essere inferiore a 60 secondi. Le verifiche manuali devono essere attuate almeno trimestralmente e per almeno 1/3 devono essere compiute con calibratore conforme alla norma CEI EN 60942.

La modalità *change* può essere eseguita solo posizionando il pistonofono a contatto con la strumentazione di misura. Questa modalità di calibrazione va effettuata nei casi in cui lo strumento sia installato ex novo, ovvero in seguito a riparazione/sostituzione. Nel caso in cui dopo una calibrazione *check* di tipo manuale si rilevi una deviazione pari o superiore a 0,3 dB e inferiore a 0,5 dB rispetto al valore di riferimento, considerate le correzioni di lettura dovute alle condizioni di pressione atmosferica, può essere effettuata una calibrazione di tipo *change*. La correzione è obbligatoria per deviazioni superiori a 0,5 dB. Immediatamente dopo l'operazione va effettuata una calibrazione comandata di tipo *check*.

Per ciascuna calibrazione dovranno essere disponibili almeno i seguenti valori:

- Identificativo della stazione;
- Data e ora dell'operazione;
- Tipo di calibrazione (automatica, manuale);
- Modalità di calibrazione (*change*, *check*);
- Valore atteso;
- Valore misurato.

Ogni calibrazione, sia di tipo *check* che *change*, deve essere presente nell'archivio dei dati: vanno quindi evitati reset della memoria dello strumento quando non vi sia la certezza che il dato di calibrazione sia stato correttamente memorizzato e archiviato. Risulta inoltre opportuno che per ciascuna calibrazione manuale con calibratore acustico ex norma CEI EN 60942 venga redatto un rapporto in forma scritta che riporti le modalità di calibrazione e l'esito riscontrato.

Nel caso di microfoni a condensatore, le operazioni di verifica del funzionamento del sistema di riscaldamento e di deumidificazione devono essere fatte con cadenza di almeno 90 giorni e devono prevedere la sostituzione/integrazione del materiale di consumo.

Gli strumenti ed i sistemi di misura devono essere provvisti di certificato di taratura e controllati almeno ogni due anni per la verifica della conformità alle specifiche tecniche; il controllo periodico deve essere eseguito presso laboratori accreditati. In caso di guasto che comporti la riparazione di un componente elettronico di interesse per la misurazione del rumore, dovrà essere effettuata una certificazione dello strumento: l'intera catena sarà ritenuta certificata⁸, ma la data di riferimento per la certificazione successiva sarà rappresentata comunque dall'elemento che ha avuto certificazione anteriore. Analogamente, in caso di sostituzione di un elemento della catena di misura con uno nuovo, sarà sufficiente disporre del certificato rilasciato dal costruttore e la data di riferimento per la certificazione successiva sarà rappresentata dall'elemento che ha avuto certificazione anteriore. Copia di ogni certificato deve essere tenuta a disposizione di chi effettua la verifica.

⁸ Per le certificazioni non è necessario effettuare le operazioni con il cavo microfonico originale della catena.

4.2. Le postazioni di rilievo dei dati meteorologici

I rilevamenti fonometrici devono essere eseguiti in conformità a quanto disposto al punto 7 dell'allegato B dal D.M. 16/03/1998, ovvero rispettando le seguenti condizioni:

- assenza di precipitazioni atmosferiche;
- assenza di nebbia e/o neve;
- velocità del vento < 5 m/s;
- microfono munito di cuffia antivento (per le misure in esterno);
- compatibilità tra le condizioni meteo durante i rilevamenti e le specifiche del sistema di misura di cui alla classe 1 della norma IEC 61672-1.

In relazione ai punti precedenti, risulta necessaria l'acquisizione dei seguenti dati meteo durante il periodo di misura, utili alla validazione delle stesse misurazioni:

- precipitazioni atmosferiche (mm);
- direzione prevalente (gradi rispetto al Nord) e velocità massima del vento (m/s);
- umidità relativa dell'aria (%);
- temperatura (°C).

Le caratteristiche minime della strumentazione di misura sono le seguenti:

- per la velocità del vento risoluzione $\leq \pm 0,5$ m/s;
- per la direzione del vento risoluzione $\leq \pm 5^\circ$;
- frequenza di campionamento della direzione e della velocità del vento tale da garantire la produzione di un valore medio orario e di riportare il valore della raffica, generalmente base temporale di 10' per le misure a breve termine e di 1 h per misure a lungo termine;
- per la temperatura dell'aria l'incertezza strumentale $\leq \pm 0,5$ °C;
- per l'umidità dell'aria l'incertezza strumentale relativa $\leq \pm 10\%$ del valore nominale.

Le informazioni meteorologiche risultano indispensabili non solo per convalidare i dati acustici monitorati, ma anche per poter valutare gli effetti delle condizioni atmosferiche sulla propagazione del suono; quindi, oltre a quanto sopra specificato, è necessario rispettare le indicazioni riportate nella norma UNI ISO 1996-2, al fine di acquisire dati di rumore riproducibili e rappresentativi del sito in esame corrispondentemente a condizioni prevalenti di propagazione favorevole e, allo stesso tempo, per ridurre al minimo le influenze delle variazioni meteo sulla propagazione del suono.

I dati meteo possono essere acquisiti da postazione di rilevamento installata presso la postazione di monitoraggio acustico – nell'ambito di un sistema integrato postazione acustica e postazione meteo -, oppure da stazioni meteo di riferimento presenti nelle vicinanze, i cui dati possono essere anche reperiti da banche dati informatizzate (Servizio Aeronautico Militare, SCIA⁹, ecc.). L'acquisizione di serie storiche di dati reperibili da banche dati informatizzate presenti sul territorio permette anche di valutare le condizioni climatiche tipiche del luogo e quindi i parametri

⁹ SCIA: Sistema nazionale per la raccolta, l'elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale.

relativi alla propagazione del suono sul lungo termine, ovvero sull'anno medio (come richiesto dal D.Lgs. 194/2005).

4.3. I sistemi di rilevamento del traffico

Il monitoraggio acustico di un'infrastruttura stradale è generalmente associato ad un contemporaneo rilevamento del traffico veicolare, eseguito per poter correlare i livelli sonori rilevati agli effettivi transiti verificatisi durante il tempo di misura.

Esistono diverse possibili soluzioni per il rilevamento, la classificazione ed il monitoraggio del traffico, dalle più semplici apparecchiature a tastiera per il conteggio manuale dei veicoli (monitoraggio a campione assistito da operatore ed eseguito in orari e giornate significative), ai sistemi intrusivi con gestione centralizzata per il censimento veicolare con sensori elettromagnetici (spire), eventualmente associati a sensori piezoelettrici per la pesatura dinamica, ai più avanzati sistemi video o rilevatori radar portatili adatti sia per rilevamenti temporanei che a carattere permanente, per arrivare fino a sensori a tripla tecnologia (radar doppler, ultrasuoni e infrarossi) installabili su strutture soprastanti la strada in oggetto.

Naturalmente, la scelta della tipologia di sistema da utilizzare deve essere fatta in base alla tipologia di strada da monitorare, alle finalità del monitoraggio stesso e al tipo di misura (se in continuo o spot), tenendo conto che il grado di accuratezza dei dispositivi dipende dal principio fisico utilizzato dal sistema, dalla corretta installazione dei sensori, dalle condizioni meteorologiche e di traffico. Inoltre, il livello di disaggregazione dei dati di traffico rilevati può influire sull'accuratezza della valutazione successiva. Per l'utilizzo dei dati in un modello di calcolo, più dettagliate saranno le informazioni disponibili, maggiore sarà la precisione del livello di potenza sonora associato alla strada in oggetto; nel caso invece del monitoraggio di un'autostrada finalizzato alla mappatura acustica ai sensi del D.Lgs. 194/2005, si possono ritenere sufficienti, relativamente ad ogni tratto omogeneo di infrastruttura, i transiti medi da casello a casello, suddivisi per tipologia – veicoli leggeri/pesanti – con le relative velocità medie di percorrenza.

L'architettura di un sistema di rilevamento del traffico - ad eccezione del conteggio manuale - prevede in genere:

- Sistemi di rilevamento dati (sensori di varie tipologie);
- Periferiche di acquisizione dei dati dai sensori;
- Cablaggi per il collegamento fra sensori e periferiche;
- Per monitoraggi di lunga durata, cablaggi di collegamento alla rete elettrica oppure apparecchi in grado di assicurare sufficiente autonomia (ad esempio pannello fotovoltaico);
- Centro di supervisione generale e relativo sistema di comunicazione.

Poiché il sistema di rilevamento del traffico deve consentire di correlare i dati di flusso veicolare con le misurazioni di inquinamento acustico, il set di dati minimo da rilevare è il seguente:

- flusso veicolare con dettaglio orario, al fine di poter individuare il numero dei veicoli complessivi su diversi periodi della giornata (diurno, serale, notturno), generalmente distinguendo per categoria (auto, furgoni fino a 35q, mezzi oltre 35 q);

- Velocità media dei transiti per categoria.

Talvolta può essere indicata l'acquisizione di dati disaggregati per corsia, in particolare quando si tratta di grandi infrastrutture di comunicazione, oppure quando si rilevano differenze significative nei flussi di traffico tra le diverse corsie.

Il luogo di installazione del sistema andrà valutato avendo cura di individuare un tratto di strada rappresentativo (del flusso veicolare che si intende misurare); per i sistemi radar dovrà inoltre essere verificato che non vi siano elementi (alberi, edifici, ecc.) che bloccano la "visuale" del radar sulla strada.

Nel caso in cui sia rilevato solo il valore dell'ora di punta dovrà essere associato ai rilievi fonometrici anche il fattore di forma del flusso veicolare nelle 24h; in questo caso il set di dati ottimale comprende:

- flusso orario per categoria (comprese le moto) e per corsia sulle 24h;
- velocità media oraria per categoria (comprese le moto) e per corsia sulle 24h.

Per le misure derivanti da postazioni fisse dovrà essere storicizzato almeno il dato medio di periodo (diurno e notturno), mentre per le postazioni mobili dovranno essere storicizzati tutti i dati orari.

4.4. I modelli previsionali

L'utilizzo dei modelli previsionali si è consolidato nel tempo in ambito predittivo, ai fini della stima degli effetti acustici generati dalla realizzazione di una nuova strada o dal potenziamento/ampliamento di una infrastruttura esistente; è tuttavia ancora poco consolidato il loro utilizzo nei casi di verifica a posteriori degli effetti di uno degli interventi succitati, o qualora si voglia estendere su area vasta i risultati di un monitoraggio acustico. In tali casi, l'utilizzo di modelli matematici associati al monitoraggio acustico è assolutamente indicato per ottenere una valutazione omogenea dei livelli sonori sull'intera estensione del territorio in corso di valutazione; in particolare, l'uso dei modelli è opportuno qualora l'area oggetto di studio abbia una estensione e/o una complessità tale da rendere potenzialmente poco efficace o estremamente onerosa una valutazione esclusivamente strumentale dei livelli acustici, ovvero in presenza di più infrastrutture di trasporto e/o di morfologia territoriale complessa. La tecnica combinata, costituita dall'utilizzo sinergico di rilievi sperimentali e modellazione numerica, consente infatti di produrre una descrizione accurata della distribuzione spazio-temporale dei livelli sonori per l'intera estensione dell'ambito oggetto di studio.

I modelli matematici devono quindi consentire di determinare, per ogni punto appartenente al dominio di studio, gli indicatori acustici richiesti dalla normativa, ovvero il livello equivalente riferito al periodo diurno ($L_{Aeq,D} 06\div 22$) e il livello equivalente riferito al periodo notturno ($L_{Aeq,N} 22\div 06$) e, ai fini dell'elaborazione di mappature acustiche, il livello L_{den} (livello giorno/sera/notte) e L_{night} , così come definiti dal D.Lgs. 194/2005. Si sottolinea che, con riferimento all'attuazione del D.Lgs. 194/2005, nell'attesa che la Commissione Europea provveda alla definizione di un modello comune per i diversi Stati Membri, si suggerisce di utilizzare quale modello "ad interim" per la sorgente stradale lo standard francese "NMPB Routes 96"¹⁰.

¹⁰ Allegato II D.Lgs. 194/2005 e Raccomandazione 2003/613/CE.

Per un elenco di documenti contenenti procedure di calcolo dei livelli di potenza sonora di infrastrutture stradali o dei livelli di pressione sonora nell'area circostante, si può fare riferimento all'Appendice B della norma UNI 11143-1.

L'applicazione dei modelli previsionali richiede in genere una serie di operazioni:

1. Individuazione e caratterizzazione acustica delle sorgenti sonore (sorgente in esame ed eventuali altre sorgenti sonore presenti nell'area di indagine);
2. Individuazione cartografica/planimetrica dell'area di influenza;
3. Rilievi strumentali in situ;
4. Modellizzazione delle sorgenti;
5. Modellizzazione dell'ambiente (area di influenza);
6. Calibrazione del modello di calcolo e validazione dei risultati mediante confronto con le misure in situ;
7. Calcolo dei livelli di rumore nei punti di interesse e/o mappa acustica in pianta, in sezione e/o in facciata (con eventuale stima dell'incertezza globale del modello di calcolo o un'espressione dell'incertezza dei risultati ottenuti).

Il primo passo è quindi la caratterizzazione acustica della sorgente stradale oggetto di monitoraggio, individuando tratti stradali omogenei per caratteristiche strutturali e di traffico. Nello specifico, un tratto omogeneo presenta le seguenti caratteristiche:

- Variazioni contenute di traffico, di velocità media dei veicoli e della percentuale dei veicoli pesanti;
- Pendenza della strada pressoché costante;
- Pavimentazione uniforme;
- Ambiente di propagazione con caratteristiche uniformi.

Per ogni tratto omogeneo si individuano quindi le seguenti informazioni:

- Sezione stradale: numero e larghezza delle corsie (presenza di corsie laterali di emergenza, spartitraffico, ecc.);
- Tipologia di tracciato stradale (viadotto, rilevato, a raso, in trincea, in galleria);
- Pendenza stradale;
- Composizione del manto stradale (o tipo di pavimentazione);
- Tracciato planimetrico ed altimetrico;
- Dati di traffico, se possibile con dettaglio orario, e comunque distinguendo tra periodo diurno e periodo notturno, veicoli leggeri e pesanti, velocità media;
- Eventuale presenza di elementi singolari (viadotti, imbocchi di gallerie, ecc.).

Si sottolinea la necessità, nella fase di modellizzazione, di individuare due linee sorgente qualora si rilevino differenze significative nei flussi di traffico tra le diverse corsie (se disponibili dati di traffico disaggregati) e quando le carreggiate si trovino a distanza significativa tra loro o a quote diverse.

Successivamente, si procede alla modellazione tridimensionale del terreno, attraverso l'utilizzo dei migliori dati disponibili (mappe, dati vettoriali, ecc...), eventualmente importando direttamente l'ambiente in 3D nei formati di interscambio dati più comuni (dxf, shp, kml), in modo da poter disporre di una caratterizzazione precisa del territorio in cui è inserita l'infrastruttura dal punto di vista topografico, morfologico e degli elementi naturali ed artificiali presenti nell'area (con particolare riguardo alla presenza di ricettori, di ostacoli naturali e/o artificiali alla propagazione del suono e di eventuali altre sorgenti). La fase di importazione permette di acquisire i disegni informatizzati e realizzare la modellizzazione (della sorgente e dell'area di influenza), previa identificazione di ciascun elemento o gruppo di elementi presenti nel disegno informatizzato associabile agli oggetti categorizzati dal software di modellizzazione ("sorgente", "ricettore", "terreno", "ostacolo", ecc.). Alla fase di importazione e modellizzazione del terreno segue la definizione delle caratteristiche di assorbimento acustico. Ogni oggetto presente nell'area di influenza viene quindi univocamente individuato dalla posizione nello spazio e dalle sue caratteristiche geometriche ed acustiche.

L'uso corretto dei modelli previsionali prevede che siano calibrati, verificati e validati, al fine di poter estendere i risultati delle misurazioni all'intera area in esame. In tal modo, le componenti d'incertezza necessariamente associate all'uso di un modello di calcolo - superiori a quelle legate a misurazioni dirette - possono essere notevolmente ridotte. La calibrazione deve essere effettuata sulla base degli esiti delle misure svolte in alcuni punti di riferimento e/o punti di controllo, il cui numero e posizione sull'intero sviluppo infrastrutturale dipende strettamente dalle caratteristiche della sorgente sonora e dell'ambiente in cui è inserita. Per ogni tratto omogeneo dovrà quindi essere individuato almeno un *punto di riferimento* per la caratterizzazione della potenza sonora della sorgente stradale e almeno un *punto di controllo* - eventualmente al ricettore - per la verifica della correttezza del modello. La procedura di calibrazione consiste quindi nel confronto dinamico tra valori misurati e valori calcolati nei punti di controllo, variando eventualmente alcuni parametri, specificatamente quelli ritenuti significativi per le differenze riscontrate tra misure e calcoli, al fine di minimizzare gli scarti tra i valori. Per la procedura di calibrazione di un modello di calcolo si fa riferimento all'appendice E della norma UNI 11143-1.

Per quanto riguarda l'incertezza inevitabilmente legata ai dati di output di un modello matematico, si evidenzia che l'accuratezza dei risultati è influenzata da diversi fattori; di seguito si riportano i principali fattori che concorrono all'incertezza finale (come indicati nella norma UNI 11143-1):

- Presenza di più sorgenti acustiche nell'area di studio;
- Dati di ingresso del modello di calcolo (potenza sonora, direttività delle sorgenti, modellizzazione della tipologia di sorgente, ecc.);
- Ipotesi su cui è basato il modello di calcolo (rappresentazione delle condizioni geomorfologiche e meteorologiche, fenomeni di riflessione e diffrazione, ecc.);
- Ampiezza dell'area di validità del modello, ovvero distanza massima dei punti valutati dalle sorgenti modellate.

E' importante infine sottolineare che anche i rilievi utilizzati per la calibrazione e verifica del modello di calcolo sono affetti da incertezza, dovuta all'incertezza strumentale della catena di misura, ma anche alla durata temporale dei rilievi, alle caratteristiche della sorgente da caratterizzare (variabilità dei livelli sonori) ed al contesto ambientale presente al momento dei rilievi (variabilità del rumore residuo, condizioni meteorologiche, condizioni del terreno, ecc...). Per

la determinazione dei valori di incertezza dei rilievi strumentali si può fare riferimento alla norma UNI ISO 1996 o al rapporto tecnico UNI/TR 11326.

5. La localizzazione dei punti di monitoraggio

Nella sua generalità questa Linea Guida non fornisce al progettista della rete di monitoraggio schemi standardizzati a cui attenersi, ma indica un percorso di progettazione da attuarsi in funzione della tipologia di infrastruttura stradale in esame e di contesto territoriale in cui essa è inserita.

Il presente documento individua i criteri fondamentali per la progettazione di una rete di monitoraggio acustico quale sistema che integra in maniera sinergica i risultati delle misure e della modellizzazione acustica, in cui le informazioni puntuali ricavate da opportuni rilievi fonometrici risultano estendibili sull'intero territorio oggetto d'esame. Nella progettazione di una rete di monitoraggio si dovrà quindi ricercare la miglior utilizzazione di misure e di modellizzazione acustica, al fine di ottenere una descrizione sufficientemente accurata dei livelli sonori tale da perseguire il miglior compromesso tra incertezza di origine spaziale e incertezza di origine temporale della stima effettuata ed efficienza economica. A questo proposito si sottolinea che il monitoraggio così inteso si differenzia dalle operazioni *una tantum* di verifica del rispetto dei limiti acustici e/o dell'efficacia delle mitigazioni acustiche, per le quali si rimanda alle relative Linee Guida ISPRA¹¹ già citate per l'indicazione di posizionamento della strumentazione, tipologia e condizioni di misura ed elaborazione dei dati misurati.

Il passo iniziale per individuare l'architettura di una rete di monitoraggio è suddividere l'infrastruttura stradale in tratti omogenei, ovvero in archi di strada che presentino variazioni contenute di traffico, di velocità media dei veicoli e della percentuale dei veicoli pesanti e caratteristiche geometriche e di pavimentazione abbastanza uniformi. In ogni tratto omogeneo di infrastruttura si individuano due diverse tipologie di postazioni di rilevamento acustico: *sorgente-orientata* e *ricettore-orientata*, le cui caratteristiche sono definite nei successivi paragrafi.

Nella scelta di tali postazioni si deve prendere in esame la configurazione dell'intero sistema sorgente-ambiente-ricettore, tenendo in considerazione aspetti quali la direzione prevalente di provenienza del rumore, la forma dell'edificio, la presenza di eventuali ostacoli, nonché la presenza di sorgenti interferenti che possono in qualche modo alterare le rilevazioni. Inoltre si devono tenere in considerazione anche gli effetti meteorologici prevalenti nell'area, in modo da identificare le condizioni favorevoli alla propagazione.

Non risulta possibile stabilire a priori ubicazione e numero delle postazioni di monitoraggio (*sorgente-orientata* e *ricettore-orientata*), in quanto dipendenti dalla tipologia di strada, dalla variabilità del tracciato e dalle condizioni al contorno; si sottolinea tuttavia che la scelta dell'ubicazione deve essere adeguata alla descrizione dell'andamento dell'inquinamento acustico prodotto dall'infrastruttura in esame, mentre la scelta del numero, funzione del grado di complessità di sorgente ed ambiente in cui tale sorgente è inserita, dipende dal grado di accuratezza con cui si intende stimare i livelli sonori sui ricettori individuati.

¹¹ "Linee Guida per il controllo dell'efficacia delle mitigazioni acustiche delle infrastrutture di trasporto stradali", ISPRA, 2011.

5.1. La postazione sorgente-orientata

La *postazione sorgente-orientata* è una postazione di rilevamento acustico collocata in prossimità dell'infrastruttura stradale; le misure relative servono a caratterizzare la potenza sonora della sorgente e a valutare l'influenza delle eventuali sorgenti sonore concorsuali presenti nell'area in esame.

Per ogni tratto omogeneo di strada deve essere individuata almeno una postazione *sorgente-orientata*, in grado di caratterizzare l'emissione di rumore generata dall'infrastruttura stradale, o un numero di postazioni tale da caratterizzare il contributo acustico generato dalla sorgente in esame rispetto alle sorgenti concorsuali presenti (altre strade e/o ferrovie). In sintesi, se per ogni tratto omogeneo di strada il numero minimo di postazioni *sorgente-orientata* è uno, il numero massimo dipende dalla presenza di eventuali sorgenti concorsuali e dalla loro distribuzione sul territorio.

5.2. La postazione ricettore-orientata

Le *postazioni ricettore-orientate* sono ubicate in prossimità di edifici o gruppi di edifici; le misure in tali postazioni servono sia per la verifica del rispetto dei limiti normativi in corrispondenza di insediamenti abitativi, sia come punti di controllo, per calibrare il modello di calcolo previsionale in fase di elaborazione, ovvero verificare la correttezza dei livelli sonori stimati.

L'individuazione dell'ubicazione e del numero delle postazioni *ricettore-orientate*, per tratto omogeneo, deve essere effettuata sulla base delle caratteristiche del territorio, in termini di presenza, tipologia e posizione dei ricettori - prestando la massima attenzione alla presenza di ricettori sensibili - e delle caratteristiche che influenzano le condizioni di propagazione del rumore generato dall'infrastruttura stradale (orografia del terreno, presenza di elementi naturali e/o artificiali schermanti, presenza di condizioni favorevoli alla propagazione del suono).

La scelta dell'ubicazione delle postazioni *ricettore-orientate* segue questa scala di priorità:

1. Ricettore sensibile (ricettore di classe I) - Scuole, Ospedali, Case di Cura e di Riposo;
2. Ricettore abitativo, privilegiando il ricettore "border-line"¹² e il ricettore influenzato da sorgenti concorsuali;
3. Altri ricettori: aree all'aperto oggetto di tutela, quali parchi o aree silenziose.

Per ogni tratto omogeneo devono quindi essere individuate prioritariamente tante postazioni *ricettore-orientate* quanti sono i ricettori sensibili presenti; sono poi individuate le postazioni relative ai ricettori "border-line", scelte in funzione dell'accessibilità del punto di misura e del grado di criticità. Si sconsiglia di scegliere postazioni di misura molto vicine tra di loro, in quanto, presentando valori di rumorosità poco diversi soprattutto nel medio-lungo periodo, potrebbe risultare inutilmente dispendioso in termini di tempo e di risorse, e postazioni che, anche se distanti tra loro, presentano analoga distanza ed orientamento rispetto alla sorgente, poiché potenzialmente soggette a livelli simili di rumore.

¹² Ricettore che in fase di studio di VIA e/o che a seguito di verifica dell'efficacia di intervento di mitigazione (attraverso monitoraggio localizzato) presenta valori del livello sonoro prossimi ai limiti di legge.

Se nel tratto omogeneo non sono presenti ricettori sensibili ne' ricettori "border-line", devono essere individuate altre postazioni *ricettore-orientate*, in prossimità di eventuali altri ricettori abitativi presenti nell'area in esame, anche in qualità di punti di controllo ai fini della validazione della modellizzazione acustica.

Nei casi in cui nel tratto omogeneo di infrastruttura stradale non sia possibile individuare una corrispondenza con i ricettori, dovranno essere individuate delle postazioni *punto di controllo* ai fini della validazione del modello acustico utilizzato per estrapolare i dati misurati sull'intera area di influenza dell'infrastruttura in oggetto; il numero delle postazioni *punto di controllo* dipende dall'estensione della sorgente e dalle caratteristiche morfologiche del territorio in cui è inserita l'infrastruttura, ovvero dal grado di accuratezza che si intende adottare nella stima dei livelli acustici, e la relativa ubicazione deve essere scelta in siti che, in termini di distanza dall'infrastruttura e morfologia del territorio, siano rappresentativi delle condizioni di propagazione del suono nell'area in esame.

È consigliabile ricollocare e/o ridistribuire sul territorio in modo più efficiente le postazioni di misura *ricettore-orientate*, o individuarne delle altre, se a seguito della modellizzazione acustica si evidenziano ulteriori aree critiche, ovvero altri o diversi ricettori "border-line".

5.3. Il posizionamento della strumentazione

Il **posizionamento del microfono** deve essere effettuato nel rispetto delle condizioni previste dal D.M. 16/03/1998.

Nel caso di misure in prossimità di edifici (postazione *ricettore-orientata*) l'altezza del microfono deve essere preferibilmente pari a 4 m dal suolo e ad 1 m di distanza dalla facciata dell'edificio; altezze superiori sono ammesse se, sulla base dell'esame delle caratteristiche del sito (ad esempio, edifici o tratti di strada sopraelevati), risulta più opportuno valutare i livelli di rumore a quote diverse. In assenza di edifici, o nel caso di edifici inferiori a 4 m, il microfono deve essere posizionato all'interno dell'area identificata come ricettore, a 1,5 m dal suolo, altezza assunta come riferimento standard per l'orecchio umano, nelle posizioni più esposte al rumore prodotto dall'infrastruttura in oggetto potenzialmente occupate dagli individui in maniera prolungata.

Relativamente alle postazioni *sorgente-orientata* o alle postazioni *punto di controllo* non individuate in facciata ai ricettori, utilizzate principalmente ai fini della modellizzazione acustica rispettivamente per caratterizzare la potenza sonora della sorgente e per validare il modello di calcolo, la scelta della posizione del microfono dipende dall'altezza relativa tra punto di misura e sorgente monitorata. In generale, si rileva che le posizioni del microfono più basse (<3 m) risentono maggiormente della presenza di condizioni locali particolari, quindi più facilmente le misure così realizzate possono essere affette da anomalie e variabilità, pertanto sono da privilegiarsi posizioni di misura con altezza superiore ai 3 m dal suolo per la maggiore riproducibilità e rappresentatività del dato fornito.

Per gli adempimenti di legge previsti dal D.Lgs. 194/2005, le misure devono necessariamente essere riferite ad un'altezza di 4 m dal suolo ed il valore misurato deve essere relativo alla sola energia incidente; l'energia incidente non è direttamente misurabile in caso di presenza di facciate riflettenti e non coincide col valore che sarebbe presente in assenza della parete riflettente: per questo si dovrà minimizzare l'influenza del rumore riflesso posizionando il microfono ad almeno 2 m dalla facciata dell'edificio, oppure posizionandolo ad 1 m e

considerando una riflessione che incrementa i livelli sonori misurati di 3 dBA e, conseguentemente, i livelli utilizzati per la determinazione dei valori della mappatura acustica saranno diminuiti di 3 dBA.

La posizione della **sonda meteo**, nei casi di postazioni di rilevamento dei dati meteorologici integrate alle postazioni di rilevamento dei dati acustici, deve essere scelta il più vicino possibile al microfono, ma sempre ad almeno 5 m da elementi interferenti in grado di produrre turbolenze, in una posizione tale che possa ricevere vento da tutte le direzioni e ad una altezza dal suolo pari ad almeno 3 m.

6. L'organizzazione e la realizzazione del monitoraggio

L'attività di misura è una fase indispensabile ma non unica del monitoraggio acustico; essa deve essere inserita in un più ampio sistema di organizzazione e gestione dei dati, le cui caratteristiche distintive devono essere:

1. l'acquisizione dei dati in conformità alla normativa nazionale e/o alle norme tecniche di settore (ISO, EN, UNI);
2. la sistematicità e continuità nell'acquisizione dei dati in aderenza a ben definiti obiettivi;
3. l'organizzazione dei dati misurati in una banca dati georeferenziata;
4. l'esistenza di un sistema di validazione dei dati, caratterizzato da precise procedure operative inserite in un più ampio sistema di gestione della qualità, ovvero di sistema di gestione ambientale;
5. l'integrazione della banca dati con gli strumenti di informazione ambientale via web.

6.1. L'organizzazione del monitoraggio

Nella realizzazione di una rete di monitoraggio è indispensabile definire procedure rigorose basate sulla filosofia dei sistemi di accreditamento delle misure, che garantiscano la piena tracciabilità del dato e delle condizioni di misura in cui è stato ottenuto, così come la piena garanzia dell'accuratezza della strumentazione di misura.

Qualunque modalità organizzativa che consenta l'automatizzazione dell'acquisizione dei dati e la loro archiviazione in una banca dati georeferenziata, la conservazione e storicizzazione delle condizioni di affidabilità del dato, nonché la loro accessibilità attraverso reti informatiche, può considerarsi facente parte del sistema di monitoraggio, indipendentemente dalla continuità delle misure.

Ai fini dell'organizzazione delle attività è necessario individuare quelle figure, con le relative mansioni, che integrandosi garantiscono l'operatività ed efficienza del sistema di monitoraggio:

- **gestore dell'infrastruttura:** soggetto proprietario dell'infrastruttura o soggetto che ne ha la concessione, secondo la definizione del D.M. 29/11/2000 e del D.Lgs. 194/2005¹³; il sistema di monitoraggio è di proprietà del gestore dell'infrastruttura, che è il responsabile dei dati acquisiti dal sistema e della loro trasmissione alle autorità competenti per gli adempimenti previsti dalla legge e al pubblico per la divulgazione;
- **gestore del sistema di monitoraggio:** soggetto cui compete la raccolta dei dati, la determinazione dei descrittori acustici o dei parametri normativi in conformità con le finalità del monitoraggio, l'organizzazione delle informazioni in banche dati, la formattazione delle stesse per le attività di pubblicazione ambientale e la manutenzione periodica del sistema. Di norma, il gestore dell'infrastruttura coincide con il gestore del sistema di monitoraggio; qualora non sia così, il gestore del sistema di monitoraggio - essendo un soggetto terzo rispetto al gestore dell'infrastruttura - non solleva quest'ultimo dalle proprie responsabilità in materia;

¹³ Le società e gli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture.

- **esecutore del monitoraggio:** soggetto che ha il compito di eseguire le misurazioni; se diverso dal gestore del sistema di monitoraggio deve essere designato da quest'ultimo;
- **autorità competente:** soggetto che, ai fini degli adempimenti previsti dalla legge, ha la necessità di acquisire i dati del monitoraggio dell'inquinamento acustico;
- **autorità di controllo:** soggetto a cui la legge affida il controllo delle sorgenti fisse, secondo quanto stabilito dalla L. 447/95 e dai relativi provvedimenti attuativi;
- **auditor:** soggetto incaricato dal gestore dell'infrastruttura di svolgere le attività di verifica dei requisiti e dell'efficienza del sistema di monitoraggio, ovvero della congruità e consistenza delle attività di monitoraggio acustico, finalizzate anche alla pubblicazione dei dati, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 195/2005 o dalle attività di informazione al pubblico di cui al D.Lgs. 194/2005.

6.2. L'acquisizione dei dati

Una rete di monitoraggio deve prevedere l'implementazione di procedure che standardizzino le operazioni di acquisizione dei dati acustici, nonché, l'elaborazione, la trasmissione e l'archiviazione degli stessi.

A questo scopo è consigliato utilizzare strumenti informatici predisposti che consentano la registrazione di tutte le informazioni utili, contestualmente alla memorizzazione dei livelli sonori, l'automazione di alcune operazioni sui dati (controllo, elaborazione e archiviazione), a seguito della acquisizione strumentale degli stessi, così come la costruzione di un database d'archivio dei dati elaborati.

Di ogni acquisizione strumentale è opportuno che vengano memorizzate prioritariamente le seguenti informazioni:

1. posizione di misura (coordinate geografiche ed eventuale georeferenziazione su mappa);
2. distanza del microfono dalla superficie riflettente;
3. altezza del microfono sul piano campagna;
4. distanza del microfono dalla sorgente;
5. catena di misura utilizzata;
6. data inizio delle misure;
7. posizione della postazione di riferimento per l'acquisizione dei dati meteorologici (coordinate geografiche ed eventuale georeferenziazione su mappa);
8. altezza dell'anemometro sul piano campagna;
9. nome dell'operatore che ha posizionato la stazione ed avviato le procedure di misurazione.

6.2.1. I parametri acustici

Il dato fondamentale rilevato dalla strumentazione di misura risulta il $L_{Aeq,1s}$ (acquisito con costante temporale Fast oppure come "short L_{Aeq} "), da cui si ricava il L_{Aeq} su base oraria.

Tutti i parametri acustici utili a descrivere i livelli sonori (giornalieri e settimanali, $L_{Aeq,TR}$, L_{den} , L_{night} , ecc...) e/o finalizzati a verificare il rispetto dei valori limite, sono ottenuti dall'elaborazione del L_{Aeq} orario.

In aggiunta, possono essere acquisiti e/o elaborati anche altri indicatori, quali i Livelli statistici L_n , principalmente L_{10} ed L_{90} del L_{AF} , $L_{AF,Max}$, lo spettro 1/3 ottava nell'intervallo 0,02-20 KHz (acquisito con costante temporale Fast oppure come "short L_{Aeq} "). L'uso dei livelli statistici L_n , associati eventualmente all'analisi della Time History, è indicato nei sistemi fissi in quanto consentono di avere dei descrittori che permettono di individuare in maniera qualitativa delle situazioni anomale (es. incremento del rumore di fondo, presenza di episodi di forte intensità e breve durata) e/o permettono di ottenere informazioni sul contributo prodotto da eventuali altre sorgenti presenti; tali indici sono normalmente elaborati dalla strumentazione di misura senza particolari aggravii o appesantimenti di memoria.

È bene sottolineare che la raccolta di moli ingenti di dati relativi all'andamento nel tempo del livello sonoro, con elevata risoluzione temporale, o alle sue caratteristiche spettrali nei diversi intervalli di tempo, non è generalmente necessaria e anzi rischia di essere un inutile appesantimento nella fase progettuale, soprattutto se non è orientata ad elaborazioni predefinite di indicatori di validità riconosciuta. Si consiglia quindi, per eventuali necessità di questo tipo comprendenti anche la caratterizzazione spettrale della tipologia di sorgente sotto indagine, di procedere con determinazioni specifiche in alcune postazioni di monitoraggio senza appesantire tutta la rete.

6.2.2. La procedura di misurazione

La determinazione dei descrittori acustici è il momento finale di un processo elaborativo che trova il suo inizio nell'operazione di misura; la misura generalmente può essere effettuata per integrazione continua o per campionamento.

Per integrazione continua in un periodo T si intende la determinazione della grandezza $L_{Aeq,T}$ definita dalla ben nota relazione:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A(t)^2}{p_0^2} dt$$

Per integrazione per campionamento si intende la determinazione di una collezione di valori $\{L_{Aeq,T_i}\}_1^N$ per i quali vale la seguente relazione:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{TM} \sum_1^N T_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,T_i}}$$

con

$$TM = \sum_1^N T_i \leq T$$

Le misure sono inoltre distinte in *misure a lungo termine* e *misure di breve periodo* (o a breve termine o spot), così come di seguito definite.

Misurazioni e lungo termine

Le *misure a lungo termine* devono includere quante più condizioni di emissione e di propagazione possibile, caratteristiche del sito in esame, tenendo conto della rispettiva importanza e frequenza. Se le condizioni di propagazione o di emissione variano fortemente tra le diverse stagioni dell'anno può essere necessario effettuare misurazioni durante differenti stagioni per ottenere una bassa incertezza di misura, ovvero una misura rappresentativa. I rilevamenti acustici devono comunque essere eseguiti in condizioni di traffico standard o caratteristici per l'infrastruttura stradale in oggetto evitando i periodi temporali in cui si verificano situazioni eccezionali, come deviazioni o riduzioni di traffico, presenza di cantieri, ecc...

In generale, un qualunque livello valutato sul lungo termine L_{long} è dato dall'espressione

$$L_{long} = 10 \cdot \text{Log} \left(\sum_{i=1}^n p_i \cdot 10^{0,1 \cdot \bar{L}_i} \right)$$

dove:

p_i è la frequenza di occorrenza della i -esima combinazione di condizione di emissione e condizione meteorologica e

$$\sum_i p_i = 1$$

\bar{L}_i è il livello medio logaritmico della i -esima combinazione di condizione di emissione e condizione meteorologica, dato da:

$$\bar{L}_i = 10 \cdot \text{Log} \frac{1}{m} \left(\sum_{j=1}^m 10^{0,1 \cdot L_j} \right)$$

Con L_j il j -esimo livello equivalente misurato nella i -esima combinazione di condizione di emissione e condizione meteorologica.

Possono essere calcolati attraverso le formule sopra riportate solo livelli riferiti al medesimo tempo di misura, eventualmente considerando le pesature evening e night.

I valori \bar{L}_i devono essere determinati attraverso misure indipendenti dei valori L_j .

I valori L_j sono indipendenti se soddisfano le condizioni indicate nella tabella seguente.

Tabella 1: Minimo intervallo di tempo (in ore) per considerare indipendenti due misure

| Distanza dalla sorgente (m) | < 100 | 100-300 | >300 |
|---|-----------------|----------------|----------------|
| Tempo che deve trascorrere tra una misura e quella successiva | 24 h | 48 h | 72 h |

Misurazioni di breve periodo

Le *misurazioni di breve periodo* (spot) devono essere condotte selezionando un intervallo di tempo comunque non inferiore ad un'ora ($TM \geq 1h$). I rilevamenti devono essere eseguiti in condizioni standard di traffico, evitando di considerare i periodi della giornata e della settimana con picchi di traffico oppure con flussi ridotti; inoltre devono essere eseguiti in giorni e intervalli orari tali da ridurre le incertezze associate a variazioni nelle condizioni di propagazione. A questo proposito, al fine di acquisire dati di rumore riproducibili e rappresentativi del sito in esame, le *misure di breve periodo* devono essere effettuate preferibilmente in condizioni meteorologiche favorevoli o molto favorevoli.

Le condizioni favorevoli sono quelle specificate nella norma ISO 1996-2, all'appendice A, o in alternativa quelle riferite alle classi M3 e M4 riportate nella Tabella 2. Tali condizioni favorevoli devono essere utilizzate anche se risulta rispettata la seguente relazione:

$$\frac{h_s + h_r}{r} \geq 0,1$$

Con h_s = altezza della sorgente rispetto al suolo, h_r = altezza del recettore rispetto al suolo, r distanza sorgente-ricettore.

Se il suolo ha caratteristiche di propagazione riflettenti possono essere utilizzate distanze maggiori.

Tabella 2: Classi meteorologiche

| Classe | Componente del vento a 10 m (m/s) | R/D | Descrizione |
|---------------|--|------------|--------------------|
| M1 | <1 (giorno e sera) | <-15 | Non favorevoli |
| | <0 (notte) | | |
| M2 | 1-3 | 30 | Neutrale |
| M3 | 3-6 | 11 | Favorevoli |
| M4 | >6 (giorno e sera) | 6 | Molto favorevoli |
| | ≥0 (notte) | | |

R è il raggio di curvatura (cfr ISO 1996-2:2006 formula A.1)

D è la distanza orizzontale sorgente-ricettore

6.2.3. Numero, durata e frequenza delle misurazioni

Il numero, la durata, la frequenza e i periodi di effettuazione delle misurazioni devono essere adeguati a rappresentare la variabilità dei livelli sonori esistenti in una determinata postazione, al fine di tener conto di tutti i normali fattori che influenzano la rumorosità del sito. Poiché il riferimento ottimale per le attività di monitoraggio acustico di un'infrastruttura stradale è la media di lungo periodo, utile a caratterizzare il valore massimo del livello sonoro (diurno e

notturno) prodotto dall'infrastruttura stradale e quindi a verificare il rispetto dei valori limite vigenti (D.P.R. 142/2004) e/o a valutare il livello sonoro nell'anno medio per la determinazione dei livelli di esposizione ai fine degli adempimenti previsti dal D.Lgs. 194/2005, il sistema di monitoraggio deve essere orientato a determinare tale valore.

La conoscenza dei valori medi e delle fluttuazioni ($L_{AF,Max}$ e $L_{AF,min}$) dei livelli sonori caratteristici dell'infrastruttura in esame permette sia di definire quei parametri/indicatori di cui agli adempimenti previsti dal D.Lgs. 194/2005, sia di caratterizzare il periodo più critico ai fini della verifica del rispetto dei limiti normativi.

La frequenza con cui si effettuano le misure deve inoltre essere adeguata a stimare il trend di lungo periodo, tale da permettere di valutare (attraverso un'analisi di significatività) la *variabilità casuale* (eventi sporadici) e *deterministica* (eventi periodici) della rumorosità, legata all'infrastruttura stradale in esame e al contesto territoriale in cui si inserisce.

Le misurazioni in una postazione fissa *ricettore-orientata* sono generalmente effettuate per un periodo non limitato di tempo o comunque per un periodo temporale che comprende almeno alcuni anni, conformemente a quelle che sono le finalità del monitoraggio di cui alle Linee Guida in oggetto. In questo caso, la tecnica utilizzabile in via preferenziale per la determinazione della serie storica di valori $L_{Aeq,1hr}$, attraverso i quali determinare tutti gli altri parametri di interesse, è quella della misurazione a lungo termine per integrazione continua.

Sarebbe opportuno che, almeno nei primi tempi di attività della rete di monitoraggio - anche al fine di conoscere la variabilità deterministica della sorgente in esame dovuta alla eventuale stagionalità sia dei flussi di traffico che dei parametri meteorologici, nelle postazioni *ricettore-orientate*, il tempo di osservazione sia pari all'intero anno solare ed il tempo di misura tale da permettere di elaborare almeno una settimana di dati validi per ogni stagione dell'anno solare osservato.

Una volta avviata la rete di monitoraggio (ed eventualmente assolta la finalità relativa alla valutazione dello studio effettuato nel SIA) e valutato, attraverso l'analisi di significatività, il periodo in cui è potenzialmente massimo l'impatto dell'infrastruttura sul territorio circostante, le campagne di misura, orientate a verificare il rispetto dei limiti, possono essere a cadenza annuale ed effettuate generalmente attraverso misurazioni a lungo termine (almeno settimanali), preferibilmente per integrazione continua, in grado di acquisire serie storiche di dati relativamente al periodo più critico.

Le misure effettuate nelle postazioni (fisse o mobili) del tipo *sorgente-orientata*, finalizzate a caratterizzare le condizioni di emissione della sorgente in esame, sono generalmente di breve periodo (o spot) e devono essere eseguite per un tempo di misura non inferiore ad 1 ora. Le misure nelle postazioni *sorgente-orientate* e nelle postazioni *punto di controllo* (per la calibrazione del modello di calcolo) devono avere almeno cadenza annuale, ed eventualmente possono essere effettuate, al fine della verifica delle condizioni di propagazione favorevole, in diversi periodi dell'anno solare.

6.3. L'elaborazione dei dati

I dati raccolti dalle stazioni di misura, siano esse fisse o mobili, devono essere collocati nel contesto territoriale di interesse, ovvero devono essere correlabili alle caratteristiche dell'asse stradale, alle condizioni del flusso veicolare e alle situazioni meteorologiche e meteorologiche che

influenzano in maniera significativa la propagazione del suono. Il sistema di monitoraggio, quindi, deve essere progettato avendo cura di integrare quanto più possibile questi elementi, insieme alla possibilità di generare report sui dati raccolti e mantenere un archivio storico dei dati.

Per garantire la migliore riproducibilità del percorso elaborativo dei dati è opportuno definire un insieme di procedure operative, meglio se integrate in un sistema di gestione della qualità.

Tra le elaborazioni sui dati acquisiti che è necessario standardizzare si riportano le principali:

1. elaborazione, a partire dal $L_{Aeq,1s}$, dei livelli sonori acquisiti dalla strumentazione nell'arco di un'ora (data, ora, L_{Aeqh} , SEL, L_{max} , L_{min} , L1, L10, L90, L95, L99);
2. elaborazione, a partire dai dati di L_{Aeqh} , dei livelli sonori acquisiti dalla strumentazione riferiti al periodo diurno e notturno (data, L_{Aeq} , L06-22, L22-06, L_{max} , L_{min});
3. elaborazione dei descrittori settimanali (per il confronto con i limiti di cui al D.P.R. 142/2004);
4. (qualora previsto) elaborazione dei descrittori riferiti all'anno medio per gli adempimenti del D.Lgs. 194/2005 (L_{den} , L_{night});
5. stima dell'incertezza associata alla variabilità oraria dei livelli di rumore;
6. eccedenze rispetto ad una soglia di livello reimpostata, acquisite quando un evento di notevole intensità ha una durata non inferiore ad un intervallo di tempo scelto dall'operatore.

La stima dell'incertezza, attraverso il parametro *deviazione standard*, permette di caratterizzare la variabilità stagionale tipica della sorgente, relativamente sia ai flussi di traffico sia alle modalità di propagazione del suono influenzate dalle condizioni meteorologiche (vedi § *La variabilità casuale e deterministica*). La *deviazione standard*, associata alla valutazione dell'eccedenza, permette inoltre di individuare se un dato misurato può essere connotato come dato anomalo e quindi escluso dal set di dati sui quali effettuare le elaborazioni dei livelli sonori orari e nei periodo di riferimento (giornalieri e settimanali) (vedi § *L'individuazione di sorgenti interferenti*).

A monte dell'intera procedura di elaborazione dei dati grezzi e dell'utilizzo quindi dei dati acquisiti ai fini della determinazione dai dati orari del L_{Aeq} diurno e notturno, giornaliero e settimanale, è necessario che sia verificata la qualità del dato acquisito dalla strumentazione di misura, come indicato nel paragrafo seguente.

6.3.1 La verifica di qualità del dato

È possibile effettuare la verifica di qualità del dato acquisito dalla strumentazione di misura su due fronti:

1. controllo della calibrazione e del corretto funzionamento strumentale;
2. controllo sulla base delle condizioni meteorologiche.

Un'adeguata procedura di validazione dei dati acquisiti deve garantire che la loro archiviazione avvenga solo se la catena di misura supera una verifica di calibrazione effettuata

prima e dopo la sessione di misura. Qualora una verifica di calibrazione dia esito negativo, devono necessariamente essere scartati tutti i dati successivi all'ultima verifica positiva. I metodi di controllo automatici non consentono, in genere, di avere una verifica di calibrazione paragonabile a quella di un calibratore, ma si limitano ad una verifica di buon funzionamento; i dati sono ritenuti validi fino a quando il sistema non evidenzia con chiarezza l'inizio di un guasto o di un malfunzionamento. A tale fine dovrebbe essere prevista la predisposizione di un database che riporti in ordine cronologico gli interventi su ciascuna catena di misura, ovvero i dati di taratura e calibrazione, nonché i periodi di buon funzionamento e non corretto esercizio della strumentazione.

Dall'analisi dei dati meteo rilevati nel periodo di misura da una centralina posta in parallelo o in prossimità della postazione fonometrica è possibile, anche implementando un'opportuna procedura automatica di validazione, escludere dall'elaborazione dei dati i livelli sonori che sono stati acquisiti durante condizioni meteo non ammissibili ai sensi del D.M. 16/03/98, ovvero in presenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve e con la velocità del vento al microfono superiore a 5 m/s.

6.3.2. La variabilità casuale e deterministica

La *componente casuale* della variabilità del dato misurato, da considerazioni statistiche di carattere generale, risulta inversamente proporzionale al numero di eventi sonori occorsi. Nel caso di livelli misurati su un numero elevato di ore, come sono gli indicatori acustici prodotti per la determinazione dei valori sul lungo periodo, la stabilità statistica risulta elevata, ed anche la misura di un singolo intervallo fornisce una precisione sufficiente.

Per quanto riguarda la *componente deterministica* della variabilità è necessario distinguere quella *occasionale*, determinata da fenomeni non ricorrenti di alterazione delle condizioni di funzionamento della sorgente in esame (ad esempio: deviazioni del traffico per cantieri, incidenti stradali, festività particolari, ecc), da quella *periodica o ricorrente*, attribuibile a particolari condizioni della sorgente in determinati giorni della settimana o periodi dell'anno.

Per quanto riguarda i fenomeni del primo tipo, è necessario accertarsi direttamente, durante i sopralluoghi e/o al momento del posizionamento ed eventualmente della rimozione della stazione, delle regolarità del luogo e dei dintorni della stazione. La presenza di alterazioni significative nel profilo orario di alcuni giorni, rispetto alla deviazione standard dei livelli in quella fascia oraria, richiede una specifica indagine per individuare le cause di tale alterazione e decidere sulla validità dei dati raccolti ai fini del calcolo del valor medio di riferimento.

La *variabilità deterministica ricorrente* è dovuta alla variabilità stagionale della sorgente e/o all'influenza delle condizioni meteorologiche; per valutarla opportunamente è necessario calcolare la deviazione standard degli n valori di LA_{eq} misurati, in funzione dell'ora (h) del giorno (d), secondo la formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_n (LA_{eq}(h,d) - LA_{eq}(h)_w)^2}{n - 1}}$$

dove

$$LAeq(h)_w = 10 \text{Log} \left(\sum_d \frac{1}{n} \left(10^{LAeq(h,d)/10} \right) \right)$$

è la media energetica relativa agli n giorni inclusi nel periodo di monitoraggio; conseguentemente il valor medio del livello equivalente orario, ad una determinata ora h , $LAeq(h)_w$, determinato su più giorni, sarà affetto da un'incertezza dell'ordine di:

$$\sigma(LAeq(h)_w) = \frac{\sigma(LAeq(h))}{\sqrt{n}}$$

Analogamente si può procedere alla stima dell'incertezza del $LAeq$ relativamente al periodo diurno e notturno.

6.3.3.L' individuazione di sorgenti interferenti

Poiché la rete è destinata a misurare i livelli sonori prodotti dalla specifica sorgente, l'effetto di sorgenti sonore inattese nei pressi della postazione microfonica deve essere evidenziato, e possibilmente quantificato al fine di stimare correttamente il contributo esclusivo della sorgente indagata.

Nel caso di postazioni di misura non presidiate, come generalmente sono quelle di una rete di monitoraggio, non è solitamente possibile avere la certezza che un'alterazione dei livelli sonori da parte di una sorgente interferente venga identificata. Esistono però tre tipologie di verifica la cui contemporanea adozione rende poco probabile che tale evento sfugga al controllo: la verifica durante il sopralluogo; il controllo della stabilità dei livelli medi; l'esame dell'andamento temporale del livello sonoro (Time History – TH).

Il controllo della stabilità dei livelli medi orari può essere effettuata verificando se il L_{Aeq} orario misurato rientra nell'intervallo di confidenza al 90% (o al 95%), valutato sull'intero campione dei valori misurati per una determinata ora di un qualunque giorno della settimana. Nel caso non venisse rispettata tale condizione, il valore di L_{Aeq} h misurato può essere connotato come *dato anomalo* e quindi escluso dall'elaborazione dei parametri (giornalieri e settimanali) sui tempi di riferimento.

L'analisi dell'andamento temporale del livello sonoro si fonda sul fatto che la sorgente in esame ha una variabilità dei propri livelli sonori conosciuta. Nel caso di sorgenti di rumore continuo, anche se variabile, come le sorgenti stradali, è sempre possibile attendersi che i livelli prodotti abbiano un valore massimo oltre il quale difficilmente l'emissione si protrae per periodi di tempo significativi; in questo caso, è possibile impostare una registrazione degli eventi eccezionali fissando una soglia di livello vicina a tale valore ed una durata dell'ordine della decina di secondi. La presenza di eventi registrati per eccedenza della soglia reimpostata deve far indagare sulla possibilità che le misure siano state disturbate; la determinazione del SEL di tali eventi permette di determinare inoltre quanto questi abbiano alterato il livello medio orario, ottenendo così una indicazione sull'importanza di risalire alla causa che li ha prodotti, per decidere riguardo alla possibilità di correggere le misurazioni effettuate. Alcuni strumenti di misura consentono anche di attivare una registrazione sonora o video dell'evento che ha dato luogo al superamento, favorendo così una diagnosi precisa.

6.3.4. Estrapolazione delle misure nel tempo

I dati misurati in una stazione che rileva in un determinato intervallo di tempo possono essere estrapolati su intervalli di misura superiori (ovvero sul periodo di riferimento) se sono verificate le seguenti condizioni:

1. esiste almeno una misura in una stazione, assunta come riferimento dell'andamento temporale, nella stessa combinazione di condizione di emissione e condizione meteorologica;
2. sono note le caratteristiche di flusso e velocità dei veicoli durante la misura;
3. le misure sono effettuate nello stesso periodo della stazione di riferimento;
4. l'intervallo di misura della stazione è simultaneo all'intervallo di misura della stazione di riferimento;
5. le misure di una postazione *ricettore-orientata* sono simultanee alle misure rilevate in postazione *sorgente-orientata* in condizioni di propagazione favorevoli o molto favorevoli.

Esempio: Nella postazione (a) si esegue una misura settimanale ottenendo $L_{AeqTL,a}$; nella postazione (b), in contemporanea alla misura effettuata in (a), si esegue una misura spot (con $TM \geq 1h$). Sono inoltre verificate le seguenti condizioni:

- il tratto stradale che interessa la postazione a è omogeneo rispetto al tratto che interessa la postazione b;
- la sorgente prevalente¹⁴ presso entrambe le postazioni (a) e (b) è l'infrastruttura stradale sotto indagine.

Per ottenere il valore del livello sonoro settimanale presso la postazione (b), il risultato della misura spot in (b), $L_{Aeq1h,b}$, deve essere corretto utilizzando la seguente formula:

$$L_{AeqTL,b} = L_{AeqTL,a} + (L_{Aeq1h,b} - L_{Aeq1h,a})$$

I metodi di correlazione/estrapolazione sono riportati in dettaglio nel documento "*Linee guida per il controllo dell'efficacia delle mitigazioni acustiche delle infrastrutture di trasporto stradali*".

6.3.5. Estrapolazione delle misure nello spazio

Le misurazioni condotte in una o più stazioni che appartengono al sistema di monitoraggio possono essere estrapolate su punti non oggetto di rilievo fonometrico tramite l'utilizzo di modelli di calcolo - estensione del monitoraggio su area vasta - (vedi § I *modelli previsionali*).

A tal fine deve essere verificata la correlazione tra dati misurati e dati calcolati (calibrazione del modello di calcolo). La norma UNI 11143-1, all'appendice E, riporta uno schema a blocchi esemplificativo di una possibile procedura di calibrazione.

¹⁴ Ai fini del presente metodo, una sorgente si può considerare prevalente se il suo contributo alla rumorosità del sito di misura è mediamente superiore di almeno 6dB(A) rispetto all'insieme dei contributi di tutte le altre sorgenti che influiscono sul sito.

6.4. La trasmissione dei dati

Il dato acquisito dallo strumento può essere inserito nella banca dati del sistema di monitoraggio attraverso una qualunque delle seguenti metodologie:

- inserimento manuale del file di dati, a monte delle elaborazioni;
- inserimento manuale del file di dati , a valle delle elaborazioni;
- inserimento automatico del dato, attraverso una trasmissione radio (analogica/digitale) o telefonica (rete fissa/mobile).

Ogni dato trasmesso dovrà mantenere distinto l'orario di acquisizione dall'orario di trasmissione: in nessun caso quest'ultimo potrà – neanche accidentalmente – sostituirsi all'orario dell'effettiva misura.

Particolare attenzione dovrà essere esercitata onde evitare perdite di dati nei momenti di passaggio da ora solare a legale (e viceversa).

Le capacità di memorizzazione dei dati delle stazioni periferiche dovranno essere sufficienti a garantire l'archiviazione temporanea dei dati anche in assenza di funzionamento degli apparati di trasmissione, onde evitare la perdita di dati significativi.

7. L'informazione e il reporting

Una volta attivato il sistema di monitoraggio è importante prevedere che i dati acquisiti siano trasmessi alle autorità competenti e/o divulgati al pubblico affinché risultino patrimonio comune di tutti i soggetti coinvolti a vario titolo nella problematica del rumore da traffico stradale.

Nella figura seguente è illustrato lo schema che il flusso informativo deve seguire per ottenere una divulgazione efficace da parte del Gestore dell'infrastruttura dei dati acquisiti ed elaborati dal sistema di monitoraggio.

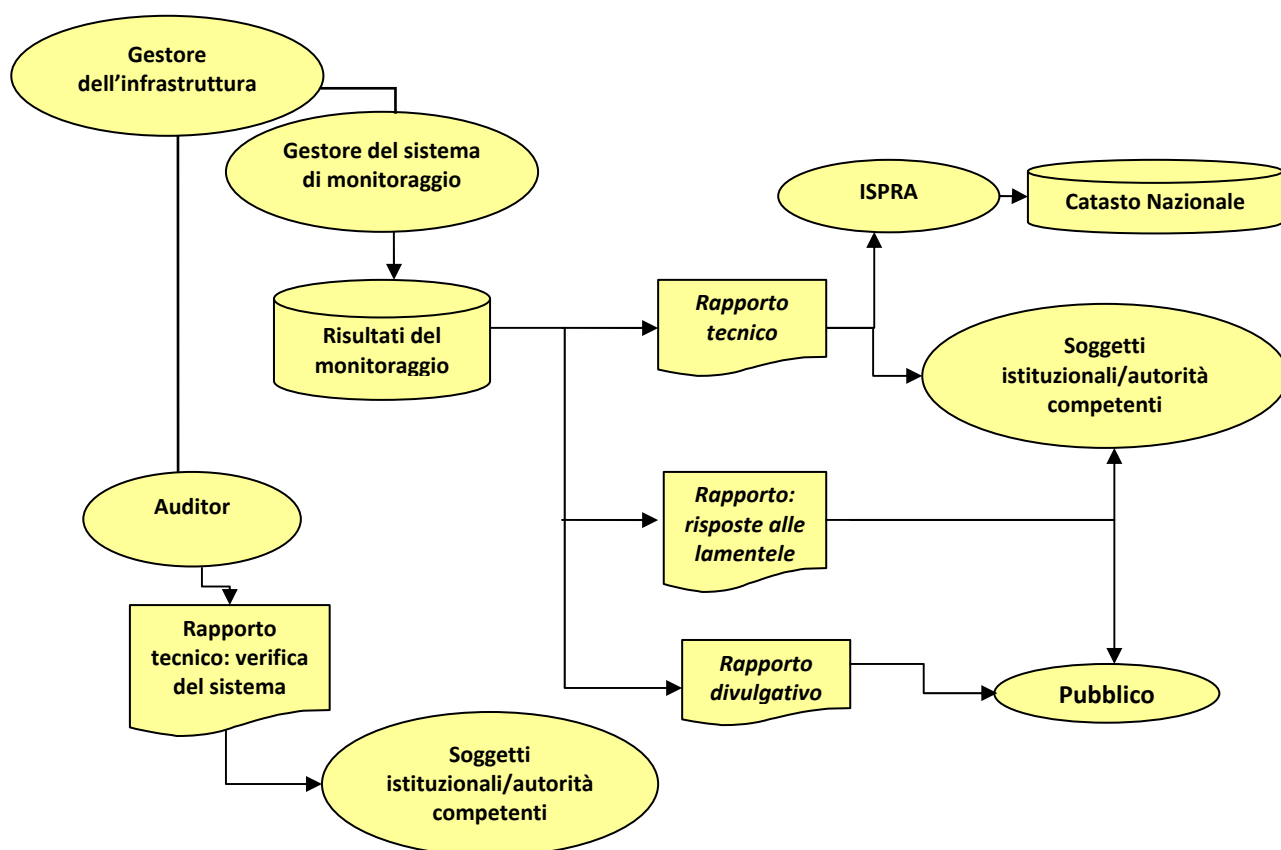


Figura 1: Schema del passaggio di informazioni tra i diversi soggetti coinvolti.

7.1. I Rapporti periodici

I rapporti periodici sono di tipo tecnico e di tipo divulgativo.

Si individuano due tipologie di *rapporti tecnici*:

- Rapporti redatti dal Gestore dell'infrastruttura, per il tramite del Gestore del sistema di monitoraggio: sono di carattere specialistico e forniscono i dati di monitoraggio e la descrizione delle attività del sistema e delle anomalie verificatesi. Questi rapporti sono indirizzati ai soggetti istituzionali coinvolti (Autorità competenti), quali l'ARPA, la Regione, la Provincia e i Comuni territorialmente competenti, ed eventualmente ISPRA per il popolamento del Catasto Nazionale delle Sorgenti di Rumore;

- Rapporti redatti dal soggetto verificatore del sistema di monitoraggio (Auditor): sono di carattere specialistico e riguardano gli esiti della verifica dei requisiti e dell'efficienza del sistema di monitoraggio (vedi cap. 8 *La verifica del sistema di monitoraggio*). Tali rapporti sono messi a disposizione delle Autorità competenti (ARPA, Regione, Provincia e Comuni territorialmente competenti, ed eventualmente ISPRA).

La redazione dei rapporti tecnici deve essere necessariamente predisposta da un tecnico competente in acustica ambientale, ai sensi dall'art. 2 comma 6 della Legge 447/1995.

Il *rapporto divulgativo* è invece indirizzato al pubblico.

Il dato di inquinamento acustico non può essere espresso senza riferimento al contesto della sua acquisizione e del processo elaborativo. Su qualunque documento che tratti tali dati dovranno essere riportate le informazioni riguardanti la fonte e il soggetto che li ha elaborati, in modo da distinguere le responsabilità nelle varie fasi del processo di pubblicazione del dato.

7.1.1.1 rapporti redatti dal gestore dell'infrastruttura

I rapporti tecnici redatti dal Gestore dell'infrastruttura per il tramite del Gestore del sistema di monitoraggio riguardano tutte le attività di monitoraggio effettuate, ovvero i rilevamenti mediante postazioni fisse e le campagne di misura effettuate con postazioni mobili, dei livelli sonori, del traffico e dei dati meteo, e gli studi ottenuti mediante modelli di calcolo previsionale.

Tali rapporti devono essere predisposti con cadenza almeno annuale.

Uno schema di rapporto tipo è inserito in Appendice al presente documento. La relazione deve contenere informazioni per ciascuna delle tre modalità suddette previste dal sistema, con indicazioni circa il posizionamento delle centraline, del periodo di misura, della strumentazione utilizzata e informazioni sul modello previsionale utilizzato. I risultati del monitoraggio devono essere presentati con un commento tecnico che riassume la situazione acustica dell'infrastruttura in esame.

L'elenco dei parametri che devono essere contenuti nei rapporti periodici è riportato nella Tabella 3.

Tabella3: Parametri da pubblicare nei rapporti periodici del Gestore dell'infrastruttura

| Parametri | Dati acquisiti attraverso | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Postazioni fisse | Postazioni mobili | Modelli previsionali |
| <i>Informazioni generali</i> | | | |
| <i>Informazioni generali</i> | | | |
| Ubicazione/Planimetria | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Funzionamento | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | n.a. |
| Periodo di misura/Periodo di riferimento | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <i>Parametri acustici</i> | | | |
| L_{Aeq} orari | ≈ | ⊕ | ⊕ |
| L_{Aeqd} | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | ⊕ |
| L_{Aeqn} | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | ⊕ |
| Valori medi settimanali¹ L_{Aeqd} | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

| Parametri | Dati acquisiti attraverso | | |
|---|---------------------------|-------------------|----------------------|
| | Postazioni fisse | Postazioni mobili | Modelli previsionali |
| Valori medi settimanali ¹ L_{Aeqd} | ☑ | ☑ | ☑ |
| $L_{den,j}$ giornalieri | ☑ | ☑ | ⊕ |
| $L_{night,j}$ giornalieri ² | ☑ | ☑ | ⊕ |
| L_{den} | ☑ | ☑ | ☑ |
| L_{night} | ☑ | ☑ | ☑ |
| Andamenti grafici | ☑ | ⊕ | ≈ |
| <i>Parametri meteorologici</i> | | | |
| Eventi meteorologici particolari | ☑ | ☑ | n.a. |
| Situazione meteorologica | ☑ | ☑ | ☑ |

¹ Il valore medio dei parametri acustici viene calcolato utilizzando la media aritmetica

² Nel contesto italiano, corrisponde al L_{Aeqn} .

Legenda: ☑ necessario ⊕ opportuno ≈ Indifferente n.a. non applicabile

7.1.2.1 rapporti redatti dal soggetto verificatore del sistema di monitoraggio

Le informazioni contenute nei rapporti redatti dal soggetto verificatore del sistema di monitoraggio (Auditor) sono in prima istanza diretti ai soggetti istituzionali competenti.

I dati da inserire in tali rapporti sono riassunti nella Tabella 4, facendo riferimento all'attività di controllo trattata nel Capitolo 8. Lo schema di un rapporto tipo è inserito nell'Appendice al presente documento.

Tabella 4: Dati contenuti nel rapporto periodico dell'Auditor

| | | |
|-------------------------------|---|-------|
| Requisiti del sistema | Verifica della progettazione | § 8.1 |
| Efficienza del sistema | Verifica dell'efficienza della manutenzione | § 8.2 |
| | Verifica dell'efficienza della gestione | |
| | Misure in parallelo presso alcuni punti di misura | |

7.2. L'informazione al pubblico

I dati ambientali ottenuti attraverso il sistema di monitoraggio devono essere resi accessibili al pubblico. Il compito di divulgare i dati inerenti al sistema di monitoraggio compete, come previsto dal D.Lgs. 195/2005, all'autorità pubblica, intesa come "le amministrazioni pubbliche statali, regionali, locali, le aziende autonome e speciali, gli enti pubblici ed i concessionari di pubblici servizi, nonché ogni persona fisica o giuridica che svolga funzioni pubbliche connesse alle tematiche ambientali o eserciti responsabilità amministrative sotto il controllo di un organismo pubblico" (art. 2, comma 1, D.Lgs. 195/2005).

Nell'ambito dell'informazione al pubblico devono essere incoraggiati tutti gli accorgimenti che permettano una rapida ed efficace comunicazione, quali ad esempio quelli messi a disposizione da internet.

L'informazione al pubblico deve prevedere diversi gradi di complessità poiché i dati devono essere fruibili dal maggior numero possibile di persone. E' quindi opportuno prevedere dei rapporti divulgativi, destinati a una larga fascia di pubblico, e, parallelamente, un sistema che permetta di fornire dei dati più dettagliati a chiunque ne faccia richiesta, eccetto i casi di esclusione del diritto di accesso all'informazione ambientale previsti dal Decreto sopra richiamato. A questo scopo, il Gestore dell'infrastruttura stradale può predisporre un apposito portale attraverso il quale i dati di rumore ambientale siano messi a disposizione del pubblico, opportunamente presentati al fine di una loro corretta lettura ed interpretazione.

7.3. La gestione delle lamentele

Le lamentele e le segnalazioni dei cittadini possono seguire due diversi canali: possono essere inoltrate all'Amministrazione Comunale territorialmente competente, oppure possono essere presentate direttamente al Gestore dell'infrastruttura.

Nel primo caso, a seguito della presentazione della segnalazione (esposto, lamentela), l'Amministrazione Comunale, a cui competono le azioni di vigilanza e controllo in materia di inquinamento acustico ai sensi della L. 447/1995, procede al controllo e alla verifica a cui possono seguire i relativi formali provvedimenti.

Nel secondo caso è il Gestore dell'infrastruttura che deve gestire le segnalazioni a lui direttamente inoltrate e procedere con i relativi controlli ed eventualmente con i provvedimenti necessari a sanare una situazione di disturbo. A tal fine il Gestore dell'infrastruttura deve essere dotato di un adeguato sistema per la raccolta e la gestione delle segnalazioni, che favorisca la comunicazione diretta tra cittadini e Gestore stesso e l'efficace risoluzione del problema; in quest'ottica, vanno favorite le modalità connesse con l'utilizzo di Internet e della posta elettronica. Sarà cura del Gestore svolgere un'adeguata azione di informazione, rivolta al pubblico, circa la possibilità e le modalità di inoltro delle segnalazioni/lamentele, individuando a tal scopo gli strumenti più idonei (ad es. tramite avvisi e/o sezioni in evidenza sul proprio sito Internet). Per facilitare la comunicazione tra le parti, è inoltre opportuno che venga predisposto un apposito modulo da utilizzare da parte del cittadino per la presentazione delle segnalazioni, in cui siano individuate tutte le informazioni necessarie per un'esauritiva descrizione del problema lamentato.

Il modulo predisposto per raccogliere le informazioni dovrà prevedere almeno le seguenti informazioni:

- Indicazione del reclamante (nome e cognome, comitato/associazione);
- Indicazione della zona dove si lamenta il disturbo;
- Data del reclamo;
- Ove applicabile, data dell'evento oggetto di reclamo;
- Orario/periodo dell'evento disturbante;
- Possibile causa del disturbo lamentato (es. danneggiamento alle opere di mitigazione, scarsa manutenzione del manto stradale, ecc.);
- Caratteristiche del disturbo lamentato (es. rumore intenso, rumore episodico, frequenza degli episodi, ecc.);
- Tipologia del recettore presso il quale si registra il disturbo (casa, ufficio, scuola, ecc.);

- Altre note del reclamante.

Il Gestore, una volta ricevuta la lamentela, si deve attivare per intraprendere le opportune azioni atte a fornire una risposta adeguata al reclamante.

A questo proposito, è possibile distinguere le segnalazioni/lamentele in due categorie, ciascuna delle quali comporta una differente modalità di gestione:

- a) *lamentele circostanziate*, quando sia possibile identificare un particolare evento o una specifica causa del disturbo (es. danneggiamento delle opere di mitigazione, mancata manutenzione del manto stradale, ecc.);
- b) *lamentele generiche*, quando non sia possibile identificare un particolare evento o una specifica causa del disturbo.

Alla ricezione del modulo compilato dal reclamante, il Gestore provvederà ad integrarlo con i seguenti dati:

- Codice identificativo unico del reclamo, che tenga conto anche della modalità di ricezione (es. lettera, fax, e-mail);
- Tipo di lamentela (circostanziata, generica).

Ad ogni *lamentela circostanziata* seguirà, da parte del Gestore dell'infrastruttura, una procedura che porti all'accertamento della causa del reclamo. Tale procedura può comprendere l'analisi dei dati di monitoraggio ottenuti da postazioni di rilievo fonometrico, già presenti sul territorio, che possano dare evidenza del disturbo o prevedere l'esecuzione di verifiche circostanziate, quali ad esempio sopralluoghi speditivi o campagne di misura *ad hoc*.

A seguito degli accertamenti volti a identificare con esattezza l'episodio lamentato dovrà essere fornita al reclamante una risposta contenente almeno le seguenti informazioni:

- Data di ricevimento del reclamo;
- Data e ora dell'episodio lamentato;
- Descrizione della procedura di verifica utilizzata;
- Nel caso siano stati effettuati dei rilevamenti acustici: valori dei parametri misurati (L_{Aeq} orario e/o del periodo di riferimento, ecc.);
- In caso di accertamento del disturbo: eventuali interventi programmati o realizzati per la soluzione del problema.

Le *lamentele generiche*, invece, non si riferiscono a un evento preciso che possa essere rimosso o limitato mediante uno specifico intervento. Il disturbo lamentato, in questo caso, è attribuibile alla presenza stessa dell'infrastruttura e al traffico veicolare su di essa transitante. Come tale, la gestione della criticità, se confermata dalle verifiche strumentali e/o modellistiche effettuate da parte del Gestore, rientra nel contesto della gestione delle attività di risanamento dell'infrastruttura. Gli approfondimenti necessari per la gestione di questo tipo di segnalazioni, possono avvalersi dei dati acquisiti/elaborati dal sistema di monitoraggio, ove disponibili, o possono richiedere l'esecuzione di specifici rilievi fonometrici.

Almeno con cadenza annuale va redatto un rapporto relativo alle lamentele pervenute, distinte per tipologia, che deve essere reso pubblico.

Tale rapporto deve contenere i seguenti dati:

- Numero delle lamentele;

- Numero di soggetti reclamanti;
- Numero di risposte prodotte;
- Eventuali azioni seguite alla lamentela.

8. La verifica del sistema di monitoraggio

Per determinare la qualità complessiva delle attività di monitoraggio dell'inquinamento acustico possono essere definite delle modalità di verifica del sistema, sulla base di due aspetti rilevanti:

- la verifica dei requisiti: le attività sono indirizzate ad assicurare che tutti i componenti del sistema di monitoraggio sono installati correttamente e sono in grado di espletare in maniera completa le funzioni previste;
- la verifica dell'efficienza: le attività sono indirizzate ad assicurare che il sistema, nel suo complesso, fornisce dati attendibili ed è in grado di determinare in modo oggettivo i livelli di inquinamento acustico.

I paragrafi successivi danno alcune indicazioni di carattere generale sulle attività di verifica.

La descrizione e il risultato delle attività di verifica, condotta dall'Auditor, devono essere riportati in uno specifico *report*, la cui traccia è riportata in Appendice.

8.1. Verifica dei requisiti

Generalmente un sistema di monitoraggio viene progettato, installato e collaudato per l'accettazione formale della fornitura. La verifica dei requisiti del sistema si colloca a valle di questo processo, con l'obiettivo specifico di determinare se il sistema di monitoraggio sia in grado di rispondere alle finalità della legge e, comunque, se sia in grado di rispondere alle finalità del progetto stesso. Per sua natura l'attività di verifica dei requisiti risulta preliminare all'avvio dell'attività del sistema di monitoraggio.

Il soggetto verificatore dei requisiti del sistema di monitoraggio (Auditor) deve esaminare i seguenti aspetti:

- le finalità per le quali il sistema è stato attivato: verifica delle prescrizioni VIA, verifica dei limiti di legge, monitoraggio a fini conoscitivi o per gli adempimenti della END, ecc.;
- le soluzioni tecniche adottate per l'assolvimento delle finalità individuate: numero di stazioni fisse, numero di stazioni mobili, modalità di monitoraggio localizzato, modalità di estensione dei risultati del monitoraggio su area vasta, ecc.;
- le soluzioni tecniche funzionali all'elaborazione degli indicatori: quali descrittori acustici vengono utilizzati, che tipo di elaborazioni vengono prodotte e se i risultati delle elaborazioni siano corretti, quale contestualizzazione geografica venga fatta, ecc.;
- l'integrazione realizzata tra le diverse componenti del sistema: software per l'elaborazione dei dati, software di modellizzazione acustica, modalità di acquisizione dei dati sul flusso veicolare, modalità di acquisizione dei dati meteorologici, ecc.;
- le operazioni di manutenzione previste: modalità di calibrazione della strumentazione da campo, periodicità di aggiornamento dei dati geografici, modalità di aggiornamento dei software e dell'hardware del CED;

- il personale di gestione utilizzato per mantenere l'efficienza del sistema, e se sia identificato un Tecnico Competente in Acustica Ambientale che presieda alla diffusione dei dati;
- la flessibilità del sistema: la possibilità del sistema di integrare altre stazioni di misura e/o di rispondere ad altri scopi non inclusi nel progetto di monitoraggio, ma di possibile interesse futuro.

8.2. Verifica di efficienza

La verifica di efficienza è un'attività di tipo periodico, il cui scopo essenziale è attestare, attraverso un insieme di attività sul sistema di monitoraggio e di elaborazione dei dati prodotti dal sistema stesso, il mantenimento nel tempo delle caratteristiche che consentono il raggiungimento delle finalità del monitoraggio.

Il soggetto verificatore dell'efficienza del sistema di monitoraggio (Auditor) deve esaminare i seguenti aspetti:

- la eventuale presenza di un sistema di gestione della qualità e di valutazione delle procedure utilizzate per l'acquisizione, l'elaborazione e la trasmissione dei dati;
- la valutazione del rendimento del monitoraggio, attraverso il rapporto tra il numero di ore di funzionamento atteso e il numero di ore di funzionamento con dati validi;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria effettuati: tipologia di intervento e risultato ottenuto, calibrazioni periodiche e loro esito, certificato di taratura della strumentazione, aggiornamenti hw e sw;
- la verifica del processo elaborativo: riconoscimento di dati anomali o di dati non validi, calcolo degli indici, valutazione dell'incertezza (se prevista);
- la verifica degli standard di calcolo modellistico (qualora applicabile): aderenza agli algoritmi standard, verifica sui dati di input utilizzati, verifica degli esiti del processo di calibrazione.

Ulteriori attività di verifica possono risiedere nel monitoraggio in parallelo tra la strumentazione del sistema e la strumentazione del soggetto verificatore nel medesimo sito. In questo caso, le valutazioni di comparazione dei risultati del monitoraggio dovranno tener conto almeno dell'incertezza strumentale.

Indice *Report tipo* del Soggetto verificatore del sistema di monitoraggio (Auditor)

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE

2. VERIFICA DEI REQUISITI DEL SISTEMA

Descrizione delle diverse componenti del sistema di monitoraggio:

2.1 Sistemi di monitoraggio fisso

2.2 Campagne di misura con postazioni mobili

2.3 Modelli previsionali

Ciascuno dei paragrafi contiene indicazioni sulla verifica dei requisiti di sistema per ciascuna delle tre tipologie di monitoraggio (es: ubicazione delle postazioni, caratteristiche della strumentazione, adeguatezza del modello previsionale, ecc.)

3. VERIFICA DELL'EFFICIENZA DELLA GESTIONE

3.1 *Manutenzione e funzionamento*

In questo paragrafo sono analizzate tutte le attività atte a garantire il funzionamento efficace ed efficiente del sistema di monitoraggio (es: interventi di manutenzione programmata e straordinaria, calibrazione degli strumenti, certificazioni di taratura, aggiornamento del software, ecc.).

Allo stesso modo, per le centraline fisse e mobili, viene verificato il periodo di funzionamento (numero di ore di attività per tutta la durata dei rilevamenti).

3.2 *Elaborazione dei dati*

In questo paragrafo sono descritte le attività volte a verificare che il processo di elaborazione dei dati sia corretto (es: riconoscimento di eventi anomali, calcolo degli indici e dei livelli di incertezza, ecc).

Per quanto riguarda il modello previsionale, sono verificati i dati di input dello studio, quali la modellizzazione dell'area in esame e i dati di traffico.

3.3 *Analisi dei risultati <solo se spetta all'ente di controllo>*

In questo paragrafo viene riportata l'analisi dei risultati ottenuti dal sistema di monitoraggio e la verifica del rispetto dei limiti normativi.

4. ATTIVITA' DI SOPRALLUOGO E MISURE IN PARALLELO

In questo capitolo sono presentate le attività di controllo effettuate attraverso misurazioni direttamente dal soggetto verificatore.

5. CONCLUSIONI

Indice *Report tipo* del Gestore del sistema di monitoraggio

SOMMARIO

1. PREMESSA

2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO

Il paragrafo presenta sinteticamente le attività di monitoraggio svolte, distinguendole tra centraline fisse, campagne di misura e modelli previsionali.

3. SISTEMA DI MONITORAGGIO FISSO

3.1. Punti di monitoraggio

Il paragrafo illustra i punti oggetto di monitoraggio (comprensivi di eventuali rilocalizzazioni che si sono rese necessarie).

3.2. Strumentazione

Il paragrafo riporta una descrizione della strumentazione che è stata utilizzata durante le attività di misura e della relativa certificazione e taratura.

3.3. Risultati ottenuti

Il paragrafo contiene le tabelle dei risultati, con commento dei risultati e l'analisi di eventuali anomalie riscontrate.

4. CAMPAGNE DI MISURA CON POSTAZIONI MOBILI

4.1 Punti di monitoraggio

Il paragrafo illustra i punti oggetto di monitoraggio, il numero e la durata delle misure per ciascun punto.

4.2 Strumentazione

Il paragrafo riporta una descrizione della strumentazione che è stata utilizzata durante le attività di misura e della relativa certificazione e taratura.

4.3 Risultati ottenuti

Il paragrafo contiene le tabelle dei risultati, con commento dei risultati e l'analisi di eventuali anomalie riscontrate.

5. MODELLI PREVISIONALI

5.1. Descrizione dell'area

Il paragrafo contiene la descrizione dell'area per la quale è stato applicato il modello previsionale, con indicazioni dei ricettori, della destinazione d'uso e di eventuali ricettori sensibili e dei punti di misura utilizzati per la calibrazione del modello.

5.2. Modello di calcolo

Il paragrafo contiene la descrizione del software e dell'algoritmo utilizzato nella modellizzazione acustica e dei dati di input introdotti nello studio impostato (es. flussi di traffico, modelli di autoveicoli, periodo utilizzato, ecc.).

5.3. Risultati ottenuti

Il paragrafo contiene le tabelle e le mappe dei risultati, con commento ai risultati.

6. CONCLUSIONI

Il paragrafo riporta le conclusioni delle attività svolte, con particolare attenzione a eventuali variazioni intercorse nel periodo in esame circa le modalità di misura e l'accessibilità ai punti, nonché un commento sintetico ai risultati con attenzione a eventuali anomalie riscontrate.

7. ALLEGATI

7.1. Allegato 1: schede di restituzione

Schede descrittive di ciascuno dei punti di monitoraggio e risultati ottenuti.

7.2. Allegato 2: certificati di taratura