

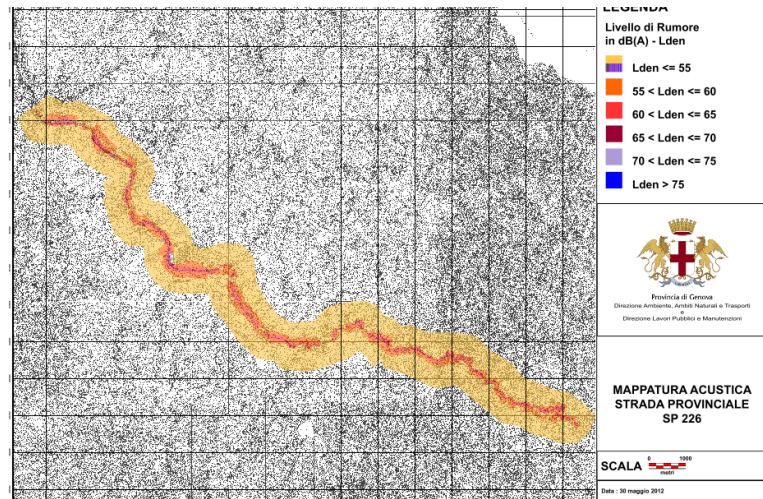
MAPPATURA ACUSTICA E PIANO DI AZIONE.

Il Progetto Life 09 ENV IT 000102 NADIA.

Il progetto NADIA, acronimo di Noise Abatement Demonstrative and Innovative Actions and information to the public, è cofinanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del bando LIFE 2009 (tema: "Politica e governance ambientali") ed è individuato con il codice Life09 ENV IT 000102.

NADIA coinvolge cinque partner: Provincia di Genova (capofila e responsabile della gestione complessiva del progetto e della "dissemination"), Provincia di Savona, Comune di Prato, Comune di Vicenza e CIRIAF - Centro Interuniversitario di Ricerca sugli Agenti Fisici, presso l'Università di Perugia (responsabile tecnico-scientifico).

Per informazioni di dettaglio si rimanda al sito web di progetto www.nadia-noise.eu.



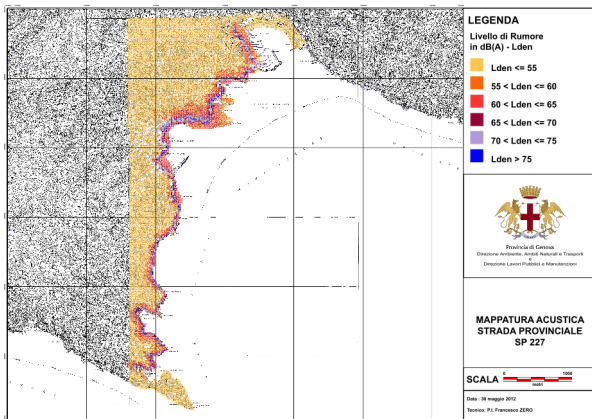
La mappatura acustica

La Mappatura Acustica viene predisposta da parte delle società e degli Enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture e delle Autorità competenti per gli Agglomerati urbani (in questo caso la mappatura acustica è detta "strategica" e riguarda tutte le sorgenti sonore presenti sul territorio e non soltanto le infrastrutture di trasporto di pertinenza) ai sensi del d.Lgs. 194/2005 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".

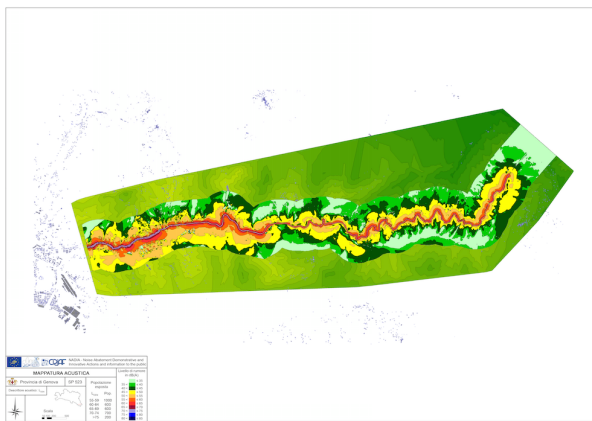
Nel caso specifico del rumore stradale, il decreto Legislativo 194/2005 stabilisce che le società e gli enti gestori di servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture elaborino la mappatura acustica degli assi stradali principali, cioè quelli percorsi da più di 3.000.000 di veicoli all'anno.

Per quanto riguarda gli agglomerati urbani, sono classificati come tali ai sensi del citato decreto allorché abbiano una popolazione superiore a 100.000 abitanti.

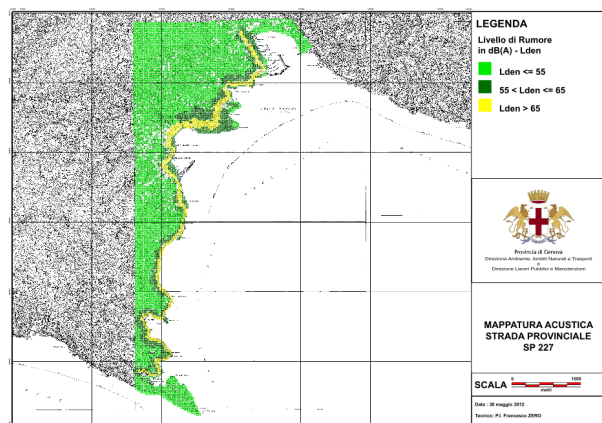
I partner del progetto Life NADIA Provincia di Genova e Provincia di Savona, in qualità di Enti gestori delle rispettive viabilità provinciali, e Comune di Prato e Comune di Vicenza, quali Autorità competenti per i rispettivi agglomerati urbani, con il supporto tecnico scientifico del partner CIRIAF - Centro Interuniversitario di Ricerca sugli Agenti Fisici presso l'Università di Perugia, hanno sviluppato e realizzato le mappature acustiche e i piani di azione per i territori di competenza in ambito del progetto europeo Life 09 ENV IT 000102 NADIA.



L'emanazione della Direttiva Europea 2002/49/CE (END), recepita a livello nazionale dal d.Lgs. 194/2005, ha definito formalmente i concetti di mappatura acustica e di mappa acustica strategica. La mappatura acustica è la "la rappresentazione di dati relativi a una situazione di rumore esistente o prevista in una zona, relativa ad una determinata sorgente, in funzione di un descrittore acustico che indichi il superamento di pertinenti valori limite vigenti, il numero di persone esposte in una determinata area o il numero di abitazioni esposte a



Le finalità proprie di tali strumenti previste dalla END sono: supportare la Commissione Europea attraverso valutazioni in grado di orientare le future politiche in materia di inquinamento acustico, fornire informazioni al pubblico e ai "decisioni" sull'esposizione al rumore a livello locale, nazionale e comunitario, costituire uno strumento per la predisposizione e l'attuazione dei piani d'azione. Questi ultimi sono strumenti di pianificazione destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti ed



Per dettagli ed approfondimenti sulla metodologia della realizzazione delle mappature acustiche con il progetto Life NADIA si rimanda alla documentazione di progetto (ed in particolare ai report: M1 – Milestone 1, D1 – Deliverable 1, D2 – Deliverable 2, D3 – Deliverable 3) disponibili sul sito di progetto www.nadia-noise.eu.

Riferimenti normativi principali

La normativa principale da considerare ai fini della realizzazione della mappatura acustica è costituita da:

- Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194, Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie generale n. 222, 23/09/2005;
- Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio 25 giugno 2002, Determinazione e gestione del rumore ambientale, GUCE L 189/12, 18.7.2002;
- Raccomandazione CE 2003/613/EC Guidelines on the revised interim computation methods for industrial noise, aircraft noise, road traffic noise and railway noise, and related emission data
- 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;
- L. 26 ottobre 1995 n. 445 Legge quadro sull'inquinamento acustico;
- D.P.C.M. 14.11.1997 Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore;
- D.M. 16.03.1998 Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico;
- D.M. 29.11.2000 Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore.

Nello sviluppo della mappatura, dal punto di vista meramente tecnico nel progetto Life NADIA, si è tenuto conto anche di quanto espresso nei testi di seguito elencati:

- UNI/TS 11387:2010, Acustica - Linee guida alla mappatura acustica e mappatura acustica strategica - Modalità di stesura delle mappe;
- European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure, Position Paper, Version 2, 12/08/2007;
- European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, Presenting noise mapping information to the public, Position Paper, 03/2008.

Alcune utili definizioni

Agglomerato urbano e Assi di comunicazione (stradale, ferroviario, aeroportuale) principali:

la classificazione secondo questi schemi è quantitativa: popolazione e densità per gli agglomerati urbani (in dettaglio, almeno 100.000 abitanti), volumi di traffico (3.000.000 veic/a, 30.000 conv/a, 50.000 mov/a) per le infrastrutture di trasporto.

Classificazione acustica:

è una "carta" del territorio comunale riportante i limiti alla rumorosità. Viene adottata dal Comune e approvata (in Liguria) dalla Provincia.

Livello continuo equivalente (Leq):

principale indicatore della rumorosità ambientale. Il Leq, espresso come unità di misura in dBA, è la quantità da confrontarsi con i limiti di legge connessi alle zone della classificazione acustica comunale. Il valore del Leq, misurato in un dato intervallo di tempo, rappresenta il livello che avrebbe un rumore costante avente lo stesso contenuto in energia sonora dell'effettivo rumore misurato nel medesimo intervallo di tempo. Il rumore effettivamente misurato, infatti, è una grandezza generalmente variabile e dunque non costante.

$$Leq = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right]$$

$$Leq = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{T} \sum_i t_i \cdot 10^{0,1Leq_i} \right] \quad T = \sum_i t_i$$

Livello continuo equivalente diurno (LeqD): livello equivalente sul periodo 6 ÷ 22.

Livello continuo equivalente notturno (LeqN): livello equivalente sul periodo 22 ÷ 6.

Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A relativo al tempo a lungo termine TL ($L_{Aeq,TL}$):

è il Leq ponderato A relativo al tempo a lungo termine ($L_{Aeq,TL}$), può essere stimato per campionamento in diverse fasce orarie giornaliere oppure per mezzo di un monitoraggio fisso in giorni rappresentativi o di lungo periodo. È il livello che si confronta con i limiti di attenzione.

Lden:

livello composto dei Leq su tre periodi: diurno (day) 6 ÷ 20, serale (evening) 20 ÷ 22 e notturno (night) 22 ÷ 6; così definito (inoltre non viene considerato il contributo riflesso di facciata).

$$L_{den} = 10 \cdot \text{Log} \frac{1}{24} \left(14 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right)$$

Livello di emissione:

è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A, dovuto alla sorgente specifica. E' il livello che si confronta con i limiti di emissione.

Lnight:

livello equivalente sul periodo notturno 22 ÷ 6 (inoltre non viene considerato il contributo riflesso di facciata).

Mappatura acustica (ai sensi del d. Lgs 194/2005):

è la rappresentazione di dati relativi a una situazione di rumore esistente o prevista in una zona, relativa ad una determinata sorgente, in funzione di un descrittore acustico che indichi il superamento di pertinenti valori limite vigenti, il numero di persone esposte in una determinata area o il numero di abitazioni esposte a determinati valori di un descrittore acustico in una certa zona.

Mappatura acustica strategica (ai sensi del d. Lgs 194/2005):

è una mappa finalizzata alla determinazione dell'esposizione globale al rumore in una certa zona a causa di varie sorgenti di rumore ovvero alla definizione di previsioni generali per tale zona; non si tratta soltanto di rappresentazioni tabellari e/o cartografiche di valori di rumorosità ambientale misurata in campo o stimata numericamente, bensì di complessi elaborati che correlano tali rappresentazioni: alla popolazione esposta, alla struttura urbana e dei singoli edifici, alle distinte sorgenti di emissioni. Va aggiornata ogni cinque anni.

Piano di azione:

si basa in parte sulle mappature e contiene la pianificazione acustica in termini di individuazione di aree da salvaguardare ed aree da bonificare con descrizione dei relativi interventi. Va aggiornato ogni cinque anni.

I livelli Lden e Lnight sono gli indicatori introdotti con la Direttiva Europea 2002/49/CE come recepita dal d. Lgs 194/2005: le mappe acustiche dei livelli sul territorio e le elaborazioni relative alla popolazione esposta al rumore riportano i dati in termini di Lden e Lnight.

I livelli LeqD e LeqN sono gli indicatori individuati dalla normativa italiana da confrontarsi con i valori limite stabiliti con la classificazione acustica comunale (d.P.C.M. 14.11.1997).

Per il significato di altri termini e/o simboli di natura tecnica e di uso generale si rimanda alle norme di settore.

Modalità realizzative della mappatura acustica attuate nel progetto Life NADIA

In questa sezione vengono sinteticamente descritti:

- i modelli utilizzati per le simulazioni numeriche;
- i criteri adottati per la definizione dei dati di input ai modelli;
- le elaborazioni effettuate per la redazione delle mappe acustiche;
- le modalità di rilievo fonometrico e le elaborazioni effettuate sui livelli misurati.

Metodologia delle simulazioni numeriche

Considerazioni preliminari

I modelli basati su algoritmi matematici per il calcolo della propagazione sonora consentono di prevedere il livello di rumore in uno o più punti (recettori) in funzione del numero delle sorgenti, delle caratteristiche delle sorgenti, della natura dei luoghi (in genere a livello macroscopico: ad es. presenza di manufatti, orografia, etc.) e della posizione relativa fra ogni recettore ed ogni sorgente. Astrattamente, una modellizzazione può quindi essere vista come l'insieme di tre componenti: l'input (ovvero l'insieme dei dati necessari alle elaborazioni), l'algoritmo di elaborazione e l'output (i risultati delle elaborazioni).

Il contesto normativo introdotto dal d.Lgs 194/2005 di fatto valorizza, per i casi di elevata complessità, l'utilizzo di modelli di simulazione della rumorosità ad integrazione o addirittura, per certi casi, in sostituzione delle tecniche di monitoraggio "storicamente" consolidate.

Allo scopo di confrontabilità di dati simulati nei vari paesi della Comunità Europea, infatti, già la Raccomandazione CE 6.08.2003 e quindi il D. Lgs 194/2005 hanno individuato i seguenti modelli (di cui esistono anche versioni commerciali) da utilizzare per le principali sorgenti di rumore:

- traffico stradale: XPS 31-133
- traffico ferroviario: RMR 1996
- traffico aereo: doc. 29 ECAC.CEAC 1997 sez. 7.5
- rumore industriale: ISO 9613 - 2

La mappatura acustica effettuata con il progetto NADIA è stata realizzata primariamente tramite simulazioni numeriche, riservando alle misure fonometriche un ruolo complementare a corredo.

Elaborazioni effettuate

Reperimento dei dati ambientali

Questa fase ha seguito le indicazioni riportate nel documento riassuntivo M1 di progetto (www.nadia-noise.eu), che ha stabilito le informazioni, anche non prettamente acustiche, da rilevare. Le informazioni necessarie per l'esecuzione della mappatura acustica sono costituite da:

- Dati territoriali (punti quotati, curve di livello ecc.);
- Dati demografici, necessari per la valutazione dell'indicatore popolazione esposta a rumore;
- Caratterizzazione in pianta o in 3D degli edifici, differenziandone la destinazione d'uso;
- Flussi di traffico e sue caratteristiche (velocità medie dei veicoli, incidenza del traffico pesante ecc.);
- Caratterizzazione della sede stradale (tipo di materiale utilizzato, grado di usura, età, ecc.).

Nella realizzazione della M1 si è tenuto conto dei contenuti di riferimenti normativi come:

- il d.Lgs. 194/2005,
- la direttiva europea 2002/49/CE,
- la norma UNI TS 11387:2010,
- la linea guida europea European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure, Position Paper, Version 2, 12/08/2007
- la linea guida europea European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, Presenting noise mapping information to the public, Position Paper, 03/2008
- studi scientifici relativi a tali problematiche (in particolare: Bellomini R., Luzzi S., Melloni A., Recenti S., Strategie per la progettazione e la gestione del risanamento acustico negli agglomerati urbani, in Atti della II Giornata di Studio sull'applicazione della Direttiva 2002/49/CE, Firenze, 19 marzo 2009).
- Un altro obiettivo della fase di reperimento dati è stato costituito dalla distribuzione di questionari per la valutazione del disturbo da rumore delle infrastrutture stradali in aree di progetto.

Nel documento (www.nadia-noise.eu) si riportano gli esiti dell'esame critico ed analitico dei dati reperiti.

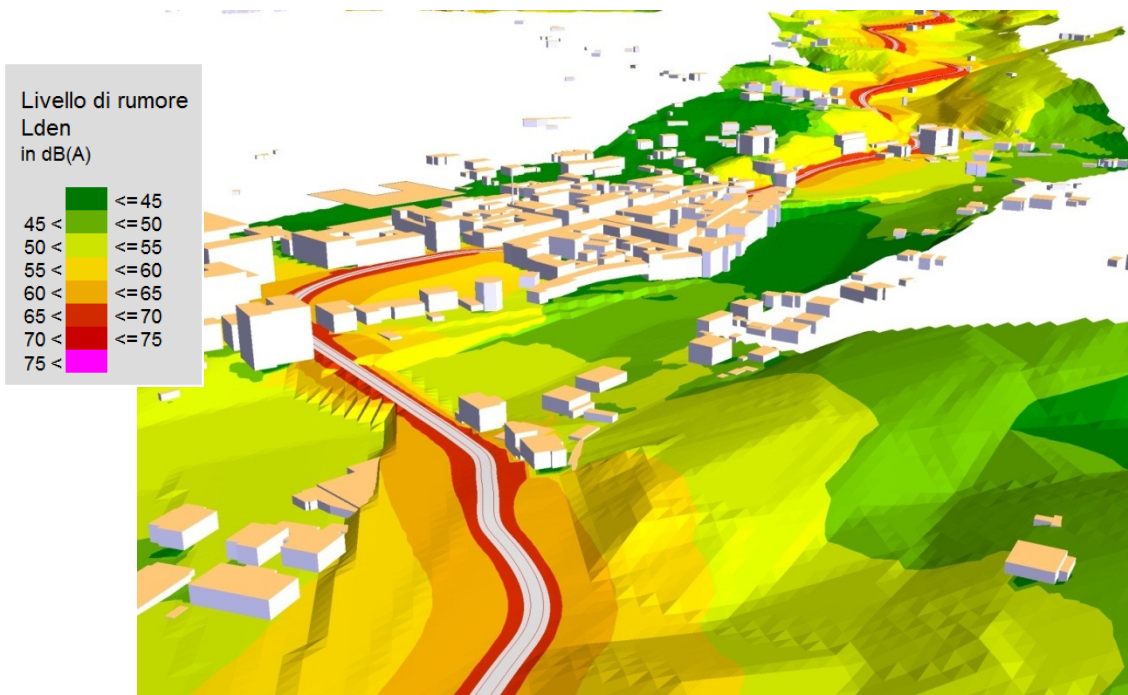
Realizzazione delle mappature acustiche

I dati raccolti sono stati utilizzati per la realizzazione delle mappature acustiche nelle aree di studio, tramite le simulazioni numeriche e le seguenti valutazioni, parti integranti della mappatura acustica:

- valutazione del clima acustico esistente;
- calcolo del numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di Lden in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74;
- calcolo del numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di Lnight in dB(A) a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69;
- numero di edifici esposti a diversi valori degli indicatori Lden e Lnight;

- calcolo delle superfici di territorio esposte a valori di Lden superiori a 55, 65 e 75 dB(A).

Le simulazioni della propagazione nell'ambiente del rumore emesso dalle strade sono realizzate utilizzando software di simulazione acustica commerciale basato sullo standard individuato dal d.Lgs. 194/05, l'NMPB-Routes-96, che utilizza come banca dati di emissione la "Guide du Bruit".



Realizzazione del modello digitale del terreno

Per quanto riguarda le simulazioni del rumore emesso dalla viabilità, la problematica principale consiste nel fatto che il tracciato stradale può essere anche molto irregolare: in tali situazioni la realizzazione del modello digitale del terreno (DGM) è di particolare complessità e necessita dell'andamento delle curve di livello. L'uso delle isoipse è consigliato in queste situazioni in quanto riesce a fornire una migliore rappresentazione digitale dei numerosi pendii presenti nel territorio.

Nella realizzazione del DGM definitivo sono stati utilizzati anche i tracciati 3-D delle strade, ove disponibili, in modo tale da migliorare la realistica del modello digitale del terreno. Per tutte le strade sono stati individuati i tratti che percorrono gallerie o estesi ponti viari ed esclusi dalla simulazione del DGM; se tale operazione non è eseguita si corre il rischio che intere montagne vengano tagliate (gallerie) o che si venga a creare del terreno al di sotto del tracciato stradale (ponte).

L'ultimo passaggio nella definizione del modello digitale del terreno consiste nella definizione delle caratteristiche di fonoassorbimento/riflessione del suolo. Tale operazione è stata eseguita attraverso il coefficiente GF (Ground Factor) considerato pari a 1 nelle aree a superficie assorbenti (foreste, aree ad uso agricolo, parchi ecc) e 0 nelle aree riflettenti (parcheggi, aree urbane ed industriali, laghi ecc.). La determinazione di tale parametro è stata realizzata utilizzando le carte di uso del suolo.

Definizione dei parametri di input per le strade

Sono stati previamente determinati per le proprie infrastrutture i flussi di traffico e le velocità medie orarie per i periodi *day*, *evening* e *night* differenziati per autoveicoli e mezzi pesanti. Tale differenziazione è importante in particolare negli ambiti urbani (velocità inferiore a 60 km/h) per l'applicazione di coefficienti correttivi.

Al fine di stimare in modo accurato le caratteristiche di emissione delle sorgenti stradali, sono state individuate le caratteristiche principali, dal punto di vista acustico, della pavimentazione stradale.

Il software utilizzato determina in modo automatico le variazioni dell'emissione media del veicolo in funzione del gradiente della strada attraverso gli abachi definiti dalla "Guide du Bruit".

Tipologia delle elaborazioni eseguite

Per le mappature acustiche sono state realizzate due tipi di elaborazioni distinte con due finalità:

- simulazione dei livelli Lden e Lnight sul territorio, con rappresentazione dei risultati tramite mappe grafiche delle curve di isolivello acustiche nelle aree oggetto di indagine; la simulazione dei livelli è avvenuta tramite il calcolo di Lden e Lnight su una griglia spazialmente estesa di punti, con passo pari a 25 m (quale buon compromesso fra necessità di caratterizzare il fenomeno in questione e realizzabilità pratica: una risoluzione maggiore avrebbe comportato un eccessivo tempo di calcolo, considerata l'estensione dei territori in esame);
- valutazione dell'indicatore popolazione esposta a rumore attraverso valutazioni di livello acustico in punti collocati sulle facciate degli edifici, con rappresentazione dei risultati in forma tabellare. Per la valutazione della popolazione esposta sono stati utilizzati i dati del censimento nazionale 2001.

Modalità di presentazione dei risultati

I risultati delle simulazioni numeriche sono stati elaborati onde ottenere, quali risultati finali della mappatura acustica:

- mappe dei livelli acustici sul territorio in termini di Lden e Lnight;
- dati tabellari relativi a:
 - superficie totale, in km², numero stimato di edifici (arrotondato a 100) e numero di persone (arrotondato a 100) che si trovano esposte a livelli di Lden superiori a 55, 65 e 75 dBA;
 - il numero totale stimato di persone (arrotondato a 100) che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli (dBA), a 4 m di altezza e presso la facciata più esposta, di Lden: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, ≥ 75, e Lnight: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, ≥ 70;
 - il numero di persone che occupano abitazioni dotate di una facciata silenziosa;
 - il numero stimato di edifici abitativi (arrotondato a 100) che risultano esposti a specifici valori di Lden e Lnight (in termini della facciata più esposta).

Dati fonometrici



Tecniche fonometriche considerate

La misura del Leq in esterno: concetti generali

Il d.M. 16.03.1998 individua procedure, condizioni e tecniche da seguire per l'esecuzione delle misure acustiche sia da un punto di vista generale sia per quanto riguarda, nello specifico, il monitoraggio del rumore stradale.

Con riferimento al decreto citato e, più in generale, a quanto proposto nella normativa e nella letteratura tecnico scientifica, si può affermare che la misura dei livelli continui equivalenti di pressione sonora ponderata A nel periodo di riferimento (LAeq,TR) può essere eseguita:

- per integrazione continua: il valore di LAeq,TR viene ottenuto misurando il rumore ambientale durante l'intero periodo di riferimento, con l'esclusione eventuale degli intervalli in cui si verificano condizioni anomale non rappresentative dell'area in esame;

- con tecnica di campionamento: il valore LAeq,TR viene calcolato come media dei valori del livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A relativo agli intervalli del tempo di osservazione (T₀)_i. Il valore di LAeq,TR è dato dalla relazione seguente

$$L_{Aeq,TR} = 10 \log \left[\frac{1}{T_R} \sum_{i=1}^n (T_0)_i 10^{0.1 L_{Aeq}(T_0)_i} \right] \quad dBA$$

La metodologia di misura rileva valori di LAeq,TR rappresentativi del rumore ambientale nel periodo di riferimento, della zona in esame, della tipologia della sorgente e della propagazione dell'emissione sonora.

In generale, il microfono da campo libero deve essere orientato verso la sorgente di rumore; nel caso in cui la sorgente non sia localizzabile o siano presenti più sorgenti deve essere usato un microfono per incidenza casuale. Il microfono deve essere montato su apposito sostegno e collegato al fonometro con cavo di lunghezza tale da consentire agli operatori di porsi alla distanza non inferiore a 3 m dal microfono stesso.

Nel caso di edifici con facciata a filo della sede stradale, il microfono deve essere collocato a 1 m dalla facciata stessa. Nel caso di edifici con distacco dalla sede stradale o di spazi liberi, il microfono deve essere collocato nell'interno dello spazio fruibile da persone o comunità e, comunque, a non meno di 1 m dalla facciata dell'edificio. L'altezza del microfono sia per misure in aree



edificate che per misure in altri siti, deve essere scelta in accordo con la reale o ipotizzata posizione del ricettore.

Le misurazioni devono essere eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia e/o neve; la velocità del vento deve essere non superiore a 5 m/s. Il microfono deve essere comunque munito di cuffia antivento.

Circa le grandezze acustiche da monitorare, la quantità principale è costituita dal Leq (livello continuo equivalente) ponderato A. Allo scopo di meglio individuare i fenomeni sonori presenti, a volte possono essere utili anche rilievi di livelli percentili (L_n) e misure spettrali; in casi complessi possono risultare utili anche tecniche più avanzate quali misure di multispettro.

Una misura di multispettro consiste nell'acquisizione di misure spettrali consecutive relativamente ad uno o più tipi di livelli acustici (ad esempio Leq). Un multispettro, quindi, non è che una time history di misure spettrali. La rappresentazione grafica di utilizzo più frequente delle misure multispettrali è quella in forma di sonogramma.

Monitoraggio in continuo del rumore stradale

La regola generale prevede che il microfono sia posto ad una distanza di 1 m dalle facciate di edifici esposti ai livelli di rumore più elevati e la quota da terra del punto di misura deve essere pari a 4 m. In assenza di edifici il microfono deve essere posto in corrispondenza della posizione occupata dai recettori sensibili.

Con il monitoraggio in continuo, di durata settimanale o superiore, deve essere rilevato il livello continuo equivalente ponderato A per ogni ora su tutto l'arco delle ventiquattro ore: dai singoli dati di livello continuo orario equivalente ponderato A ottenuti si possono calcolare (come meglio specificato matematicamente nel seguito):

- per ogni giorno della settimana i livelli equivalenti diurni e notturni;
- i valori medi settimanali diurni e notturni.

I valori di cui al secondo punto devono essere confrontati con i livelli massimi di immissione stabiliti con la classificazione acustica comunale. Per semplicità in quanto segue si intende che il periodo di monitoraggio sia di durata settimanale o



un multiplo intero della settimana.

Il calcolo diretto di LeqD e LeqN medi logaritmici sull'intero periodo di misura può essere eseguito secondo diversi metodi, ad esempio utilizzando lo schema seguente:

1. estrazione di un sottoinsieme di giorni completi di 24 dati orari, su cui compiere le successive elaborazioni;
2. calcolo di LeqD e LeqN per ogni k-esimo giorno, per quanto riguarda il valore di LeqN va calcolato secondo il criterio della continuità del periodo notturno:

$$\text{LeqD}_k = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{16} \left(10^{0,1 \cdot \text{Leq}_6} + \dots + 10^{0,1 \cdot \text{Leq}_{21}} \right) \right]$$

$$\text{LeqN}_k = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{8} \left(10^{0,1 \cdot \text{Leq}_{22}} + \dots + 10^{0,1 \cdot \text{Leq}_5} \right) \right]$$

3. calcolo di <LeqD> e <LeqN> medio logaritmico sull'intero periodo di monitoraggio (N = numero di giorni):

$$\langle \text{LeqD} \rangle = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{0,1 \cdot \text{LeqD}_k} \right]$$

$$\langle \text{LeqN} \rangle = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{0,1 \cdot \text{LeqN}_k} \right]$$

Per valutare l'incertezza di misura i riferimenti principali sono costituiti dalle procedure proposte dalle norme UNI/TR 11326:2009 e UNI CEI ENV 13005:2000.

Modalità realizzative del Piano di Azione attuate nel progetto Life NADIA

Il presente capitolo descrive le modalità con cui è stato sviluppato e realizzato il Piano di Azione, si rimanda al documento “deliverable D4” del progetto NADIA (www.nadia-noise.eu) per una descrizione più approfondita del metodo di realizzazione del piano d'azione.

La valutazione dei livelli di rumore

La valutazione dei livelli di rumore è stata effettuata con l'elaborazione della mappatura acustica di cui al precedente capitolo, di seguito si forniscono invece alcune informazioni sintetiche utili per una migliore comprensione della metodologia propria del piano d'azione.

Come detto, la mappatura acustica è stata realizzata:

- ricorrendo a simulazioni numeriche della propagazione del rumore;
- utilizzando il modello per il traffico stradale indicato dalla Raccomandazione CE 6.08.2003 e dal d. Lgs 194/2005;
- considerando due diversi insiemi di recettori: (a) in facciata agli edifici (recettori), (b) su un grigliato di punti esteso ad una fascia di territorio circostante i tracciati stradali, con punti equispaziati con passo 25 m;
- calcolando, sui recettori, i valori di L_{day} , $L_{evening}$, L_{night} e L_{den} .

Individuazione delle zone di supero

Questa fase è necessaria per individuare le porzioni di territorio che necessitano di interventi finalizzati alla riduzione dei livelli acustici presenti. La verifica è effettuata confrontando i risultati delle simulazioni acustiche della Mappatura con i limiti normativi previsti dalle classificazioni acustiche comunali.

Allo scopo del confronto fra i valori limite e i livelli stimati di rumore, è stato ritenuto opportuno ripetere, laddove ritenuto necessario, le operazioni di simulazione acustica (già effettuate nel contesto della mappatura) per ottenere i valori di L_{eqD} e L_{eqN} comprensivi del contributo sonoro del suono riflesso per i punti di calcolo in facciata agli edifici recettori (tale riflessione non deve essere considerata nei calcoli per la valutazione della popolazione esposta a L_{den} e L_{night} , cioè per gli indicatori propri della mappatura acustica).

Più precisamente, sono stati effettuati due confronti:

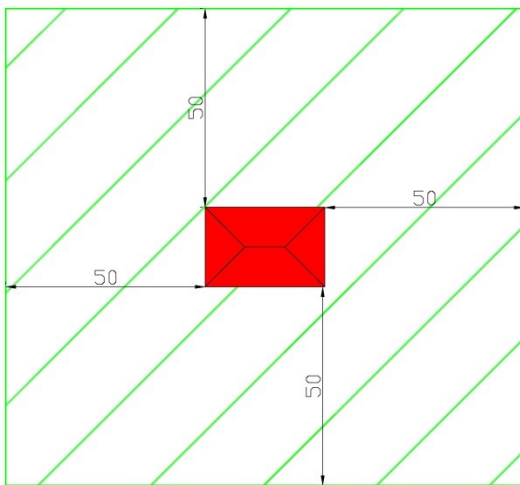
- sono stati confrontati con i valori limite i valori di L_{eqD} e L_{eqN} stimati in facciata agli edifici recettori: questo confronto, elaborato successivamente a livello quantitativo considerando anche la stima della popolazione esposta, ha consentito di definire le aree critiche stabilendone i rispettivi valori dell'indicatore di priorità;
- sono stati confrontati con i valori limite, inoltre, anche i livelli acustici simulati sul grigliato spaziale ottenendo l'individuazione grafica delle zone di supero sul territorio (non necessariamente comprendenti recettori abitati): questa seconda informazione è stata utilizzata, ad un livello soprattutto qualitativo, in occasione di alcuni incontri di discussione pubblica sul territorio.

Ricognizione e quantificazione delle criticità

Allo scopo di definire quantitativamente e spazialmente le aree critiche, è stato effettuato il confronto fra i valori limite e i livelli LeqD e LeqN calcolati per i recettori in facciata agli edifici esposti al rumore stradale. Come accennato nel paragrafo precedente, ai fini di tale valutazione è stato necessario ripetere le operazioni di simulazione della mappatura acustica o procedere comunque ad una stima di LeqD e LeqN partendo da quanto già ottenuto con la mappatura.

I livelli acustici sono stati determinati per ogni facciata dell'edificio; per ogni edificio è stato considerato il livello più alto, fra quelli calcolati, per il successivo disegno dell'area critica (nonché per il calcolo dell'indicatore di priorità).

I recettori caratterizzati da un superamento dei valori limite (indipendentemente dal periodo di riferimento in cui tali superi siano verificati), infatti, sono stati raggruppati in aree critiche, ovvero in porzioni di territorio che possono essere trattate con il medesimo intervento.

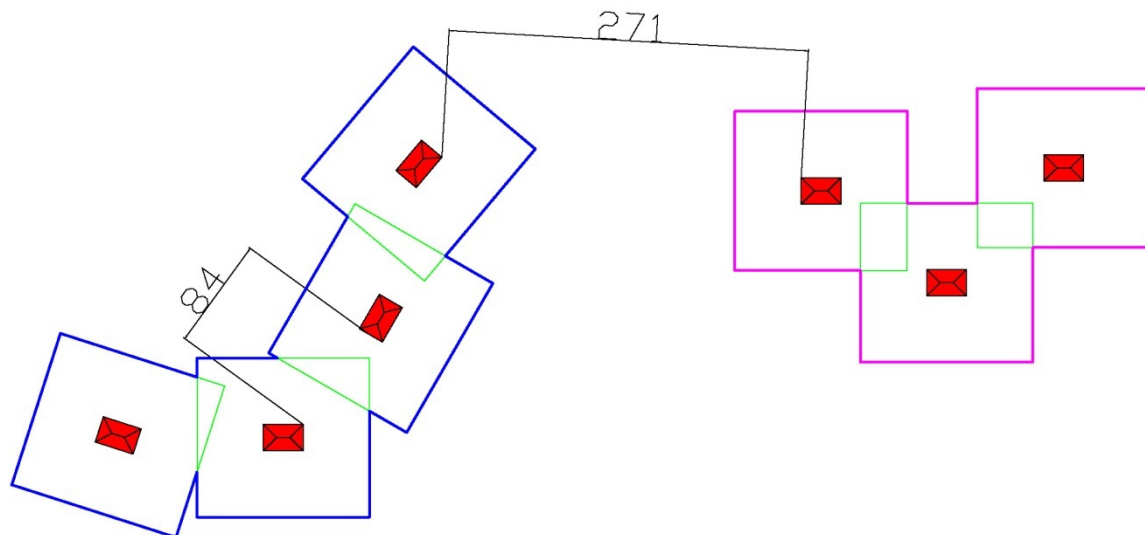


In rosso l'edificio in critico, in verde il contorno del suo offset di 50 m.

Definizione del contorno delle aree critiche

Nel progetto NADIA la determinazione delle aree critiche è stata realizzata seguendo la procedura di seguito descritta. In primo luogo sono stati individuati tutti gli edifici nei quali si osserva un superamento dei limiti normativi (*edificio critico*). Per ogni edificio critico è stato realizzato un offset di 50 metri (v. a lato).

Terminata la definizione delle aree di offset degli edifici critici, si è proceduto alla loro sovrapposizione. Tale fase ha consentito la delimitazione dell'area critica, all'interno della quale ogni edificio critico non è distante più di 100 m dall'edificio critico più vicino.



Individuazione di due diverse aree critiche (in blu ed in magenta) ottenute dalla sovrapposizione degli offset di edifici critici. All'interno dell'area critica gli edifici critici sono distanti non più di 100 m. La distanza che separa edifici critici appartenenti a due diverse aree critiche non può essere inferiore a 100 m

Calcolo dell'indice delle priorità di intervento

Nel piano di azione l'indice di priorità di intervento scelto è basato sui contenuti del d.M. 29.11.2000: per ogni area critica l'Indice di Priorità corrispondente (IP) è determinato nel seguente modo:

$$IP = \sum IP_i$$

dove:

- n è il numero di edifici critici della zona abitata in esame;
- IP_i è pari al prodotto fra il numero stimato di residenti R_i e la differenza massima (fra periodo diurno e notturno) fra il livello acustico osservato ed il limite normativo previsto per l'edificio critico i-esimo;

$$IP_i : R_i * \max[L_{\text{oss, diurno}, i} - L_{\text{lim, diurno}, i}, (L_{\text{oss, notturno}, i} - L_{\text{lim, notturno}, i})]$$

Nel caso di edifici sensibili la modalità di calcolo dell'indice di priorità è del tutto simile:

- Scuole: R_i è pari al numero di alunni e del personale presente in forma stabile moltiplicato per 3;
- Case di cura ed Ospedali: R_i è pari al numero di posti letto moltiplicato per 4;

L'indice di priorità definito secondo tale metodologia è di tipo estensivo: il suo valore dipende dal criterio di costruzione dell'area critica. Tuttavia essendo tale procedimento razionalizzato ed oggettivo è possibile utilizzare tale strumento per definire la precedenza degli interventi su aree critiche diverse.

Definizione dell'ambito di intervento

Le risorse economiche disponibili in genere non sono sufficienti per la soluzione di tutte le criticità emerse nella stesura del Piano di Azione: per tale ragione è opportuno effettuare alcune scelte necessarie per individuare un programma di azioni realisticamente realizzabili tenuto conto di tutti i vincoli incluso quello economico.

L'indice IP consente di definire la classifica delle aree ove l'intervento di risanamento ha una maggiore priorità in funzione della gravità dell'esposizione al rumore. Tuttavia se si utilizzasse l'intero budget per la bonifica delle prime posizioni della classifica si correrebbe il rischio di limitare l'efficacia del piano a poche aree. Inoltre in alcuni casi è possibile che siano presenti finanziamenti ad hoc finalizzati al risanamento di aree specifiche.

Dalle considerazioni precedenti nasce l'esigenza di sviluppare un'analisi che porti a valutare congiuntamente i costi e i benefici attesi per i diversi interventi.

Analisi costi - benefici

All'interno del progetto Life NADIA è stata sviluppata una procedura di analisi costi - benefici per potere:

- identificare gli interventi di risanamento più efficienti per ogni area critica;
- stabilire un indice priorità di tipo innovativo per la realizzazione di interventi di risanamento acustico.

Per ogni area critica l'indicatore costi - benefici (CBI) è definito come:

$$\text{CBI} = \text{costo dell'intervento [€]} / [(\text{IP}_{\text{prima dell'intervento}} - \text{IP}_{\text{dopo intervento}}) * k]$$

Il coefficiente k di penalizzazione del calcolo dei benefici vale 0,5 per finestre fonoisolanti normali e 0,75 per finestre fonoisolanti e autoventilanti: ciò comporta che l'installazione di finestre porta solo a metà (o $\frac{3}{4}$ nel caso di autoventilazione) del beneficio potenziale in termini di riduzione dell'indice di priorità. Il fattore di penalizzazione k è stato introdotto nel calcolo dell'indicatore CBI poiché il beneficio derivante dalle finestre riguarda, ovviamente, solo gli ambienti interni e non le aree esterne pertinenti all'edificio o, più in generale, gli ambienti di vita all'esterno.

Naturalmente, in sede operativa, potranno essere di norma preferite le soluzioni di intervento caratterizzato dal valore più basso di CBI.

La graduatoria basata sull'indice di priorità IP è utile per individuare in quali aree l'esposizione al rumore ambientale è più elevata; la graduatoria basata sull'analisi costi - benefici, invece, è utile per ottimizzare l'impiego delle risorse economiche disponibili.

La graduatoria basata sull'analisi costi - benefici considera anche gli interventi che dal punto di vista del risanamento acustico non sono risolutivi ma che, dal punto di vista della fattibilità economica, possono essere realizzati: ciò può comportare, nell'attuazione del programma degli interventi, una rimodulazione del calendario allo scopo di attuare le opere di risanamento effettivamente realizzabili, evitando il rischio di una paralisi per mancanza dei fondi necessari alla realizzazione di interventi più costosi e, allo stesso tempo, più in alto nella classifica realizzata sulla base della valutazione del solo indice IP.

Nel caso in cui per l'i-esima zona critica l'intervento acustico "A" comportasse gli stessi costi economici di un intervento alternativo "B", sarà preferito presumibilmente l'intervento più efficace dal punto di vista della riduzione dell'esposizione al rumore.

BIBLIOGRAFIA

Principale letteratura tecnico scientifica utilizzata

- Asdrubali F., Frezzini L., Ortica S., Tosti C., Stima della popolazione esposta al rumore infrastrutturale: alcuni casi di studio nella Regione Umbria, in Atti del 35° Convegno Nazionale AIA, Milano, 11-13 giugno 2008.
- Asdrubali F., Schiavoni S., Esempi di mappature acustiche e di valutazioni di popolazione esposta a rumore eseguite nella regione Umbria, in Atti della 3° Giornata di Studio sull'Acustica Ambientale, Arenzano, 29 ottobre 2010. Disponibile sul sito www.sportellorumoreambientale.it.
- Bellomini R., Luzzi S., Melloni A., Recenti S., Strategie per la progettazione e la gestione del risanamento acustico negli agglomerati urbani, in Atti della II Giornata di Studio sull'applicazione della Direttiva 2002/49/CE, Firenze, 19 marzo 2009.
- Brambilla G., Lo Castro F., Cerniglia A. e Verardi P., Stima dei livelli a lungo termine del rumore da traffico autostradale, Atti 34° Convegno Nazionale AIA - Associazione Italiana di Acustica, Firenze, 13 - 15 giugno 2007.
- Casini C., Verdolini T. e Iacoponi A., La Qualità nelle misure di rumore stradale: l'esperienza di ARPAT, Atti del 4° Convegno Nazionale Controllo ambientale degli Agenti Fisici: nuove prospettive e problematiche emergenti, Vercelli, 24-26 marzo 2009.
- Conte A. e Stragapede F., Caratterizzazione acustica del territorio: integrazione di misure e simulazioni numeriche nella prospettiva del D. Lgs 194/2005, Atti 6° Convegno Nazionale CIRIAF – Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici, Perugia, 7-8 aprile 2006, pagg. 89-94, 2006.
- Conte A., Balzano M., Barbieri E. e Stragapede F., Applicazione della norma UNI/TR 11326:2009 in alcuni casi di monitoraggio del rumore ambientale, Atti 5° Convegno Nazionale "Il controllo degli agenti fisici: ambiente, salute e qualità della vita, Novara, 6-8 giugno 2012, 2012.
- Galassi G. e Luzzi S. (a cura di), Rumore nei trasporti, Atti della III Giornata di Studio sull'Acustica Ambientale, Firenze, 26 febbraio 2004.
- ISPRA – Progetto Life+ 2008 HUSH, Linee Guida per una pianificazione integrata dell'inquinamento acustico in ambito urbano. Aprile 2013. ISBN 978-88-448-0593-7
- Peretti A. e Simonetti P. (a cura di), Traffico e Ambiente, Atti Convegno Nazionale di Trento 21-25 febbraio 2000, Progetto Trento Ambiente, Trento, 2000.
- Tavola rotonda del 9° Congresso Nazionale CIRIAF dedicata al tema "Mappature acustiche strategiche e piani di azione delle infrastrutture di trasporto", Perugia, 3 aprile 2009.
- AFNOR XP S31-133. Bruit des infrastructures de transports terrestres. Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques.
- UNI/TR 11327:2009. Criteri per la predisposizione dei piani di azione destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti.
- Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Position Paper of the European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), Version 2, 13th August 2007, disponibile su <http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/gpg2.pdf>
- Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans, Recommendations from the SILENCE project, disponibile su www.silence-ip.org/site

Pubblicazioni sul progetto NADIA

- Andreotti M., Balzano M., Barbieri E., Bogni R., Conte A., Ghirardo S., Stragapede F., La rumorosità stradale nelle province di Genova e Savona, in Atti della 4° Giornata di Studio sull'Acustica Ambientale, Arenzano, 14 ottobre 2011.
Disponibile sul sito www.sportellorumoreambientale.it
- Asdrubali F., Baldinelli G., D'Alessandro F., Schiavoni S., Le attività di CIRIAF all'interno del progetto Life NADIA, in Atti della 4° Giornata di Studio sull'Acustica Ambientale, Arenzano, 14 ottobre 2011. Disponibile sul sito www.sportellorumoreambientale.it
- Asdrubali F., Brescianini C., Conte A., D'Alessandro F., Schiavoni S., Stragapede F., Rumore da traffico: indagini e individuazione di strategie tramite le azioni del progetto Life+ NADIA, in Atti del 5° Convegno Nazionale Il controllo degli agenti fisici: ambiente, salute e qualità della vita, Novara, 5 – 7 giugno 2012.
- Asdrubali F., Schiavoni S., D'Alessandro F., Schenone C., Pittaluga I., Innovative aspects in noise mapping and dissemination activities within Life+ “NADIA” project. Atti del Convegno ICSV 19, Vilnius, Lituania, 8 – 12 luglio 2012, 2012.
- Asdrubali F., Schiavoni S., D'Alessandro F., Presciutti A., Noise mapping and Action Plan realization within Life+ “NADIA” project. Atti del Convegno AIA-DAGA, Merano, 18 – 21 marzo 2013, 2013.
- Asdrubali F., D'Alessandro F., Schiavoni S., Brescianini C., Conte A., Stragapede F., Bogni R., Ghirardo S., Scalco R., Franco G., Il progetto NADIA: Noise Abatement Demonstrative and Innovative Actions and information to the public, in Atti del 38° Convegno Nazionale AIA, Rimini, 08-11 giugno 2011.
- Balzano M., Barbieri E., Bogni R., Conte A., Ghirardo S., Schiavoni S. e Stragapede F., La mappatura acustica delle strade provinciali principali nelle province di Genova e Savona, Atti 5ª Giornata di Studio sull'Acustica Ambientale, Provincia di Genova – Fondazione MUVITA, Arenzano, 19 ottobre 2012. Disponibile sul sito www.sportellorumoreambientale.it
- M1: “Data quality and quantity with regard models specifications” documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu.
- D1: “Survey report” documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu.
- D2: “Noise propagation model optimized and validated” documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu.
- D3: “Noise maps” documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu/it/download-documenti
- D4: “Noise reduction Action Plans” documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu.
- D5: “Demonstrative actions for noise reduction” documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu.
- D6: “Lessons for pupils” documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu.
- D13: “Recommendations for policy makers” documento del progetto Life NADIA, disponibile sul sito www.nadia-noise.eu.

Risorse di rete utili:

www.nadia-noise.eu

www.harmonica-project.eu

www.quadmap.eu

www.hush-project.eu

www.sportellorumoreambientale.it

La redazione del presente documento, frutto dell'esperienza maturata da tutti i partner del progetto Life 09 ENV IT 000102 NADIA è a cura della Provincia di Genova. Impaginazione grafica a cura di Fondazione MUVITA.

Il testo contenuto nel presente documento non riflette necessariamente il parere della Comunità Europea. La Commissione Europea non è responsabile per qualsiasi uso che potrà essere fatto delle informazioni contenute nel presente documento.

