



Comune di Genova
Direzione Ambiente
Unità Operativa Complessa Acustica

MAPPA ACUSTICA

**Secondo le disposizioni del D.Lgs. 42/2017, del D.Lgs. 194/2005
e della Direttiva Europea 2002/49/EC29**





Comune di Genova
Direzione Ambiente
Unità Operativa Complessa Acustica

MAPPA ACUSTICA

**Secondo le disposizioni del D.Lgs 194/2005, del D.Lgs 42/2017
e della Direttiva Europea 2002/49/EC29**

Anno 2021

Sorgenti stradali esaminate:

Strada Sopraelevata Aldo Moro

Viale Brigate Partigiane

Viale Brigate Bisagno

Via Tolemaide

Via Invrea

Via Montevideo

Corso Gastaldi

Corso Europa

Genova, gennaio 2022

Realizzazione:



Via N. Costa 7r – 16139 Genova

Ing. Marco DI PAOLO

Amministratore Unico
Numero Iscrizione ENTECA 2571

Con il contributo di **Dott. Ing. Simona REPETTO, Ph.D.**

Numero Iscrizione ENTECA 10423



INDICE

1. Premessa	1
2. Normativa di riferimento.....	3
3. Mappatura acustica della Strada Aldo Moro.....	7
3.1 Caratteristiche della strada e del flusso di traffico veicolare	7
3.2 Caratteristiche dell'area investigata.....	8
3.3 Realizzazione della mappatura acustica	9
3.4 Mappe acustiche	19
4. Mappatura acustica dell'Asse Centro – Levante.....	35
4.1 Caratteristiche della strada e del flusso di traffico veicolare	35
4.2 Caratteristiche dell'area investigata.....	37
4.3 Realizzazione della mappatura acustica	37
4.4 Mappe acustiche	49
5. Mappatura Acustica Anno 2011.....	243
6. Conclusioni.....	54
Bibliografia.....	40

ALLEGATO 1: Tavole

Tavola 1	Mappa acustica della Strada Aldo Moro in termini di L_{den} in formato grafico
Tavola 2	Mappa acustica della Strada Aldo Moro in termini di L_{night} in formato grafico
Tavola 3	Mappa acustica dell'Asse Centro – Levante in termini di L_{den} in formato grafico
Tavola 4	Mappa acustica dell'Asse Centro – Levante in termini di L_{night} in formato grafico



1. Premessa

Il Decreto Legislativo 17 febbraio 2017, n. 42 " Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico", che aggiorna il Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194 "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale" che recepisce la Direttiva Europea 2002/49/CE, impone di elaborare e trasmettere la mappatura acustica strategica entro il 30 giugno 2017 e, successivamente, il 31 marzo 2022 e ogni 5 anni. Tale azione ha lo scopo di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi dell'esposizione della popolazione residente al rumore ambientale.

Il Decreto Legislativo n. 42 del 17 febbraio 2017 modifica o sostituisce in alcune sue parti il Decreto Legislativo n. 194 del 19 agosto 2005. Le modifiche parziali riguardano gli articoli 2, 3, 4, 7, 8 e 11, mentre l'Allegato 2 viene interamente sostituito.

In relazione ai risultati conseguiti, l'autorità individuata dalla regione o dalla provincia autonoma elabora e trasmette all'Ente territoriale competente, per ogni ambito temporale di studio, i piani di azione.

Per ottemperare a tali obblighi il Comune di Genova ha affidato alla società Ingenia S.r.l., spin off dell'Università degli studi di Genova, l'incarico di effettuare la mappatura acustica lungo la Strada Sopraelevata Aldo Moro e lungo l'asse viario Centro – Levante, lungo le strade Viale Brigate Partigiane, Viale Brigate Bisagno, Via Tolemaide, Via Invrea, Via Montevideo, Corso Gastaldi e Corso Europa.

Nel seguito si riportano pertanto gli elementi necessari alla mappatura acustica, secondo le modalità e i criteri definiti agli Allegati 1, 2 e 4 del D.Lgs. 194/05 e sue modifiche del D.Lgs. 42/17. Lo studio è stato condotto facendo riferimento alle condizioni di traffico misurate per l'anno 2021.

Nello sviluppare lo studio si sono seguite le linee guida prodotte dalla Commissione Europea nel documento dal titolo "Position Paper on Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure"^[1], redatto nel 2007. Si sono quindi adattati i criteri per la realizzazione delle mappe al contesto urbano genovese e si è cercato di individuare le criticità e di affrontarle applicando le suddette linee guida messe a disposizione dalla Commissione Europea. In particolare, si è tenuto conto dell'aspetto introdotto dal Decreto 194/2005, cioè del fastidio percepito dalle persone esposte per lunghi periodi al rumore emesso da una sorgente, con l'obiettivo di quantificare la percentuale di persone infastidite e di valutare quante sono le persone esposte ai diversi livelli di rumore.

Circa la natura delle aree considerate, in conseguenza della particolare orografia del terreno, la città di Genova si è estesa prevalentemente lungo la fascia costiera addossando il nucleo urbano alle aree portuali. La strada statale Aurelia (SS1), che attraversa Genova lungo tutto il tratto costiero, collega i quartieri di Genova Voltri e di Genova Nervi, posti rispettivamente nell'estremo ponente e nell'estremo levante cittadino.

Si è quindi iniziata a sviluppare la mappatura acustica partendo dall'asse viario principale di collegamento tra il centro città e il ponente, costituito dalla Strada Sopraelevata Aldo Moro, che assume la natura di una strada urbana a scorrimento veloce. Con i suoi 5 km di lunghezza la Sopraelevata, partendo dal quartiere di Genova Foce, raggiunge il quartiere di Sampierdarena, passando per i quartieri di Caricamento, Prè e Di Negro. Per la sua strategica funzione la Strada Sopraelevata Aldo Moro, è caratterizzata da flussi di traffico elevati, superiori ai 6 milioni



Sopraelevata - Centro - Levante

di veicoli all'anno, costituendo nell'ambito urbano genovese la maggiore fonte di disturbo dovuta al rumore da traffico veicolare.

Analogamente si è proceduto per il collegamento Centro – Levante, prendendo in considerazione le arterie che maggiormente caratterizzano il collegamento cittadino tra le due zone citate e, che per le caratteristiche dei flussi di traffico, costituiscono a loro volta nell'ambito urbano considerato la maggiore fonte di disturbo in una zona caratterizzata per vari tratti da vie costeggiate al margine da edifici anche e soprattutto residenziali.

Per tali assi viari si è proceduto alla mappatura acustica in conformità a quanto prescritto dal D.Lgs. 194/05, valutando i dati definiti all'Allegato VI. In particolare, si sono prodotte le mappe strategiche in forma di grafico, che riportano le curve di livello 60, 65, 70 e 75 dB sia per l'indicatore acustico L_{den} , (Allegato 1 - Tavola 1), sia per l'indicatore acustico L_{night} (Allegato 1 – Tavola 2), così come richiesto al Punto 1.7 del succitato Allegato VI del D.Lgs 194/2005. Quindi, si sono valutate le grandezze previste ai Punti 1.5 e 1.6 dell'Allegato VI, ovvero:

- Numero totale di abitanti esposti ai diversi intervalli di L_{den} definiti dal Decreto
- Numero totale di abitanti esposti ai diversi intervalli di L_{night} definiti dal Decreto
- Numero di edifici residenziali;
- Numero di scuole;
- Numero di ospedali.

La presente relazione tecnica specialistica riporta la descrizione del quadro normativo di riferimento, dei dati di ingresso utili alla mappatura acustica, delle metodologie di calcolo e dei risultati ottenuti sia in termini grafici, mediante la produzione delle planimetrie riportate in allegato, sia mediante tabelle illustrative dell'impatto acustico sulla popolazione.



2. Normativa di riferimento

Per caratterizzare dal punto di vista acustico un agglomerato urbano, attualmente la normativa italiana di riferimento è il D.Lgs n. 194 del 19 agosto 2005 “Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale” e smi, quale, nello specifico il D.Lgs. 42/17. Lo strumento di pianificazione utilizzato ai fini della caratterizzazione acustica è la Mappatura Acustica Strategica.

Il Decreto 194/2005 definisce due tipi di Mappatura Acustica Strategica: per agglomerati e per infrastrutture principali. Nel caso delle Mappature Acustiche Strategiche per agglomerati è necessario valutare il contributo in termini di rumore dovuto alla presenza di assi stradali e ferroviari principali e aeroporti principali. Per caratterizzare distintamente tali contributi è indispensabile realizzare una mappa acustica per ognuna delle sorgenti di rumore presenti all'interno dell'agglomerato. Ogni ente gestore deve realizzare la mappa acustica della propria infrastruttura secondo i dettami del D.Lgs 194/2005 e del D.Lgs. 42/2017.

In quasi tutti gli articoli, commi ed allegati del Decreto si riporta testualmente la Direttiva europea 2002/49/CE nella sua versione in lingua italiana. Vengono descritti brevemente gli aspetti più importanti del Decreto in relazione allo studio che è stato condotto.

Con il D.Lgs 194/2005 e il D.Lgs. 42/2017 l'Italia delibera a livello nazionale le azioni per il controllo del rumore ambientale, definite a livello europeo dalla Direttiva europea 2002/49/CE, attraverso l'introduzione di:

- descrittori acustici, comuni a tutti i Paesi Membri;
- metodologie nella realizzazione delle misure fonometriche e del calcolo numerico del modello di propagazione sonora;
- metodologie di valutazione del rumore e del fastidio percepito dalle persone;
- criteri per la pianificazione acustica.

Non tutte le sorgenti sonore sono considerate nel Decreto: solo il rumore da traffico veicolare, ferroviario, aeroportuale e derivante da sorgenti industriali viene preso in considerazione.

L'obiettivo del Decreto italiano così come della Direttiva europea è quello di proteggere *aree edificate, parchi pubblici o in altre zone silenziose degli agglomerati, nelle zone silenziose in aperta campagna, nei pressi delle scuole, degli ospedali e di altri edifici e zone particolarmente sensibili al rumore.*

In accordo con il Decreto 194/2005 la valutazione e il controllo del rumore deve essere fatto seguendo in ordine progressivo le azioni sotto indicate:

a) l'elaborazione della mappatura acustica e delle mappe acustiche strategiche;

b) l'elaborazione e l'adozione dei piani di azione volti ad evitare e a ridurre il rumore ambientale laddove necessario, in particolare, quando i livelli di esposizione possono avere effetti nocivi per la salute umana, nonché ad evitare aumenti del rumore nelle zone silenziose;

c) assicurare l'informazione e la partecipazione del pubblico in merito al rumore ambientale ed ai relativi effetti.

*Sopraelevata - Centro - Levante*

I termini e le scadenze per l'elaborazione e la trasmissione delle mappature acustiche, delle mappature acustiche strategiche e dei piani di azione vengono, come precedentemente riportato, ridefiniti dal D.Lgs. 42/2017.

Il D.Lgs 194/2005 ha introdotto come descrittori acustici L_{den} (Day-Evening-Night Level) e L_{night} (Night Level), così come definiti dalla Direttiva europea, modificando però le fasce orarie in cui devono essere misurati/calcolati i descrittori acustici L_{day} , $L_{evening}$ e L_{night} , che insieme definiscono il descrittore acustico L_{den} . Ne consegue che anche i coefficienti numerici presenti nella formula di L_{den} sono differenti. Si riporta la formula di L_{den} così come definita all'Allegato I del D.Lgs 194/2005:

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

dove:

- a) L_{den} e' il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», determinato sull'insieme dei periodi giornalieri di un anno solare;
- b) L_{day} e' il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi diurni di un anno solare;
- c) $L_{evening}$ e' il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi serali di un anno solare;
- d) L_{night} e' il livello continuo equivalente a lungo termine ponderato «A», definito alla norma ISO 1996-2: 1987, determinato sull'insieme dei periodi notturni di un anno solare;

Il periodo giorno-sera-notte è dalle 6.00 alle 6.00 del giorno successivo mentre per la Direttiva europea è dalle 7.00 alle 7.00 del giorno successivo. I periodi del giorno sono così suddivisi:

- 1) periodo diurno: dalle 06.00 alle 20.00 (mentre per la Direttiva è dalle 7.00 alle 19.00);
- 2) periodo serale: dalle 20.00 alle 22.00 (mentre per la Direttiva è dalle 19.00 alle 23.00);
- 3) periodo notturno: dalle 22.00 alle 06.00 (mentre per la Direttiva è dalle 23.00 alle 7.00).

I livelli di rumore devono essere misurati ad una quota di 4.0 ± 0.2 m rispetto alla quota del terreno e per la facciata dell'edificio maggiormente esposta. Tale altezza deve essere la stessa per il calcolo computazionale ai fini della realizzazione delle mappe acustiche e mappe acustiche strategiche.

Il Decreto 194/2005 definisce all'Allegato II i metodi computazionali (comuni sia all'Italia che agli Stati Membri dell'Unione Europea) per calcolare la propagazione sonora delle diverse tipologie di sorgente. Tale Allegato è stato sostituito dal D.Lgs. n. 42 del 17 febbraio 2017 che ha disposto, con l'art. 7 comma 1 che "a decorrere dal 31 dicembre 2018, in luogo dell'applicazione dell'allegato 2 «Metodi di determinazione dei descrittori acustici» del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 194, si applicano i metodi comuni per la determinazione del rumore stabiliti, a norma della direttiva 2002/49/CE, dall'allegato alla direttiva (UE) 2015/996".

Tale allegato, in virtù del progetto CNOSSOS-EU sviluppato dalla Commissione, stabilisce che il metodo di calcolo da utilizzarsi sia un nuovo approccio comune per il calcolo del rumore stradale, ferroviario e industriale: CNOSSOS-EU, disponibile nei software commerciali dall'inverno 2016 ma obbligatorio a decorrere dal 31 dicembre 2018.



Sopraelevata - Centro - Levante

Al fine di valutare e gestire il rumore ambientale, il Decreto introduce due strumenti di pianificazione acustica: la mappa acustica strategica, accennata precedentemente, la mappatura acustica e i piani d'azione.

La mappa acustica strategica 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”*.

La mappatura acustica è *“la rappresentazione di dati relativi ad 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”*. La mappatura acustica è, di fatto, parte integrante della mappatura acustica strategica.

Mentre il piano d'azione viene definito come un *“piano destinato a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti, compresa, se necessario, la sua riduzione”*.

Nel presente studio, avendo considerato un'unica sorgente di rumore situata all'interno di un agglomerato urbano, è stata realizzata una mappatura acustica per caratterizzare tale sorgente.

Il D.lgs. 194/2005 prevede all'Allegato VI “Dati da trasmettere alla Commissione”, che per gli agglomerati venga stimato:

- il numero totale di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale.

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

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

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

[Punto 1.5]

- il numero totale stimato di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{night} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. Questi dati potranno essere valutati per la fascia 45-49 anteriormente al 18 luglio 2009.

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

a) insonorizzazione speciale dal particolare rumore in questione, secondo la definizione di cui al punto 1.5, lettera a);



Sopraelevata - Centro - Levante

b) una facciata silenziosa, secondo la definizione di cui al punto 1.5 lettera b). Si dovrebbe precisare, inoltre, in che misura gli assi stradali e ferroviari principali e gli aeroporti principali contribuiscono ai fenomeni summenzionati;

[Punto 1.6]

Tali indicazioni, specifiche per gli agglomerati, si applicano alle mappature acustiche degli assi stradali e ferroviari principali, agli aeroporti principali e ai siti industriali.

Per le infrastrutture di trasporto principali viene inoltre richiesta:

- la superficie totale, in km², esposta a livelli di L_{den} rispettivamente superiori a 55, 65 e 75 dB(A);
- il numero totale stimato di abitazioni negli intervalli di L_{den} sopra indicati;
- il numero totale stimato di persone negli intervalli di L_{den} sopra indicati.

Al Punto 1.7 dell'Allegato VI vengono inoltre richieste le mappe in forma di grafico, le quali devono presentare almeno le curve di livello 60, 65, 70 e 75 dB.

Dopo che la Direttiva europea 2002/49/CE è stata promulgata si sono formati dei gruppi di lavoro, detti Working Group. L'obiettivo dei Working Group era quello di definire le linee guida per la corretta applicazione dei diversi strumenti di caratterizzazione e pianificazione acustica, introdotti con la Direttiva. Nel corso di questi anni si sono formati 4 Working Group, tra cui il Working Group on Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) che ha definito le linee guida per la realizzazione della mappatura acustica strategica.

Il documento di sintesi del WG-AEN, il "Position Paper on Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure" è stato largamente consultato nel presente studio.

Un'ultima importante considerazione riguarda i valori limite che secondo la Direttiva europea ogni Stato Membro deve definire in termini di L_{den} e $L_{nigh.}$: Nel D.Lgs 194/2005 tali valori limite non vengono stabiliti e, attualmente, a livello nazionale italiano i valori limite sono quelli definiti dal precedente D.P.C.M. 14.11.1997, i quali sono espressi in termini di L_{eq} (Livello equivalente di pressione sonora) per i due periodi di riferimento del giorno, periodo diurno (6.00 – 22.00) e periodo notturno (22.00 – 6.00).



3. Mappatura acustica della Strada Aldo Moro

Il tratto preso in considerazione è situato tra il quartiere di Genova Foce e il quartiere di Genova Sampierdarena e più precisamente tra la rampa di accesso alla Sopraelevata e quelle di uscita, nella parte terminale di ponente della strada. La figura 3.1 mostra una vista satellitare del tratto stradale esaminato.



Figure 3.1 – Vista satellitare della Strada Sopraelevata Aldo Moro

I confini dell'area investigata sono stati ottenuti sulla base della propagazione sonora in campo libero della sola sorgente Strada Aldo Moro, nel tratto di interesse. La metodologia applicata per definire tali confini sarà descritta più dettagliatamente in seguito.

3.1 Caratteristiche della strada e del flusso di traffico veicolare

La strada nel tratto considerato è lunga circa 5 km e si snoda attraverso i quartieri di Genova Foce, Genova Centro, Genova Dinegro. Una vista satellitare della strada sopraelevata e della zona circostante è riportata in figura 3.1 mentre una vista delle curve di livello è rappresentata in figura 3.2, unitamente alla principale destinazione d'uso degli edifici.

In direzione levante la Sopraelevata ha tre ingressi nella zona di Sampierdarena di vecchia data e uno di recente costruzione: i tre ingressi sono uno direttamente dal casello autostradale di Genova Ovest, uno da via Cantore ed uno da Lungomare Canepa, mentre quello nuovo in corrispondenza di Via Milano, dal Varco Imbarco Traghetti, e uscite in corrispondenza del Porto



Sopraelevata - Centro - Levante

Antico, della zona di Portoria per finire nella zona del quartiere fieristico della Foce. Verso ponente inizia in prossimità della Fiera di Genova, ha un accesso raggiungibile da corso Quadrio e piazza Dante, in corrispondenza di Via di Francia (quartiere San Benigno) e una che permette di raggiungere sia Via Cantore sia il casello autostradale di Genova Ovest lungo l'Autostrada A7.

La strada Aldo Moro è costituita da due carreggiate, una per ogni direzione di marcia, senza corsie d'emergenza, separate da un vuoto e un doppio guard-rail centrale. Ogni carreggiata ha due corsie larghe mediamente 3.50 metri cadauna ed una larghezza totale di circa 16 metri. L'altitudine della strada è variabile, con una quota media di circa 14 m.

Lungo tutta la Strada Sopraelevata Aldo Moro, fatta eccezione per le rampe di accesso ed uscita, è consentita una velocità non superiore ai 60 km/h, mentre la velocità minima è di 40 km/h.

Più di 25 milioni di veicoli transitano annualmente in questo tratto di strada con un trend di traffico pressoché costante durante l'intero anno. Essendo il numero di passaggi eccedenti il limite di 6 milioni di veicoli, come richiesto dalla Direttiva Europea 2002/49/EC, è necessario realizzare una mappatura acustica strategica per l'area in questione.

Le tipologie di veicoli che normalmente transitano lungo questa arteria stradale sono motocicli e automobili in quanto il transito è interdetto a pedoni, velocipedi, ciclomotori, veicoli a braccia e a trazione animale, nonché a veicoli pesanti (sopra le 2.5 t) quali camion e autobus per il trasporto pubblico.

A causa delle caratteristiche morfologiche della città, Genova è caratterizzata da un elevato numero di mezzi a due ruote e anche in questo tratto stradale è presente un elevato numero di motocicli.

Nell'elaborazione dei dati di traffico i motocicli e le macchine sono state fatte ricadere nella categoria dei veicoli leggeri mentre i veicoli pesanti sono stati considerati pari a zero, essendo in vigore il divieto di transito, sebbene in alcuni casi non venga rispettato.

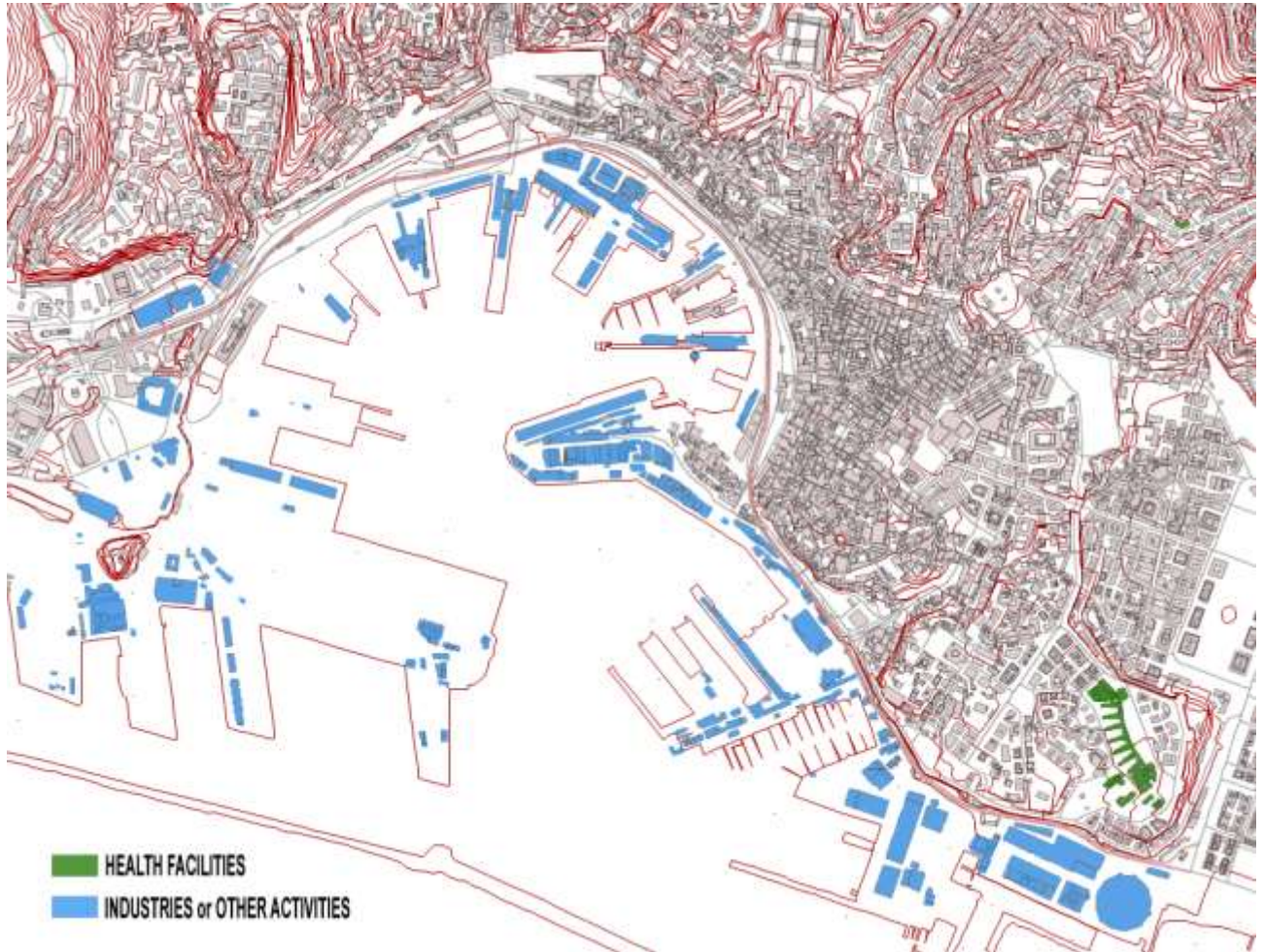


Figura 3.2 – Curve di livello lungo il tratto di interesse della Sopraelevata

3.2 Caratteristiche dell'area investigata

L'area a sud della Strada Sopraelevata risulta alquanto differente da quella sul lato a nord, sia a livello morfologico sia a livello urbano, essendo l'uso del territorio differente sui due lati così come da levante a ponente.

A livello morfologico, il terreno presenta un andamento variabile con dislivelli e muri di sostegno principalmente nella zona più prossima alla Foce, mentre si presenta con un campo più aperto verso Dinegro e Sampierdarena. A livello urbano, la zona a sud è meno densamente popolata dal momento che l'uso del territorio è caratterizzato da agglomerati industriali (cantieri navali, bacini di carenaggio, marine, stazione marittima, ecc) mentre il lato nord è maggiormente caratterizzato da edifici residenziali.

Entrambi i lati sono caratterizzati da una fitta rete di strade e stradine che corrono lungo e sotto la Strada Sopraelevata, molte delle quali sono strette, come è caratteristico del tessuto urbano del capoluogo ligure, dove non mancano i tipici "caruggi" genovesi.

Un'altra arteria principale si snoda parallelamente e per alcuni tratti sotto la Sopraelevata, dalla Foce a Dinegro.



3.3 Realizzazione della mappatura acustica

Al fine di realizzare la mappa acustica dell'area investigata in funzione dei descrittori acustici L_{den} e L_{night} , come richiesto dal D.lgs 194/2005, l'attività è stata svolta nella maniera seguente:

- Acquisizione ed elaborazione dei dati di input;
- Definizione dei confini dell'area da investigare;
- Preparazione del modello di propagazione sonora;
- Validazione del modello di propagazione sonora;
- Accuratezza del modello di propagazione sonora.

Come software di propagazione sonora è stato utilizzato il software commerciale MITHRA – SIG, versione 5.1.8.

3.3.1 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI DI INPUT

Questa è la fase sicuramente più importante nella redazione di una mappa acustica perché la mappa è rappresentativa della situazione di clima acustico reale solo se i dati di input raccolti sono loro stessi rappresentativi della condizione reale. Pertanto l'accuratezza di una mappa si basa sulla qualità dei dati raccolti. Tuttavia i dati di input che vengono richiesti per la creazione delle mappe sono numerosi e non sempre facilmente reperibili. Qualche volta i dati non sono disponibili o sono disponibili in parte oppure disponibili ma definiti con indicatori non appropriati. Inoltre alcuni dei dati richiesti hanno un grado di dettaglio così elevato che risulta molto difficile ottenerli, soprattutto in certi contesti urbani. La difficoltà di reperire tali dati è stata discussa ampiamente all'interno delle linee guida per la realizzazione delle mappe acustiche¹.

Nel presente studio vengono riportati i dati che sono stati raccolti per la realizzazione della mappa acustica dell'area presa in considerazione. Per ogni categoria di dati verrà fatta una descrizione su come sono stati raccolti ed elaborati.

Dati di input: morfologia del territorio in esame

Le prime informazioni, che è necessario avere a disposizione, sono quelle riguardanti la morfologia del terreno, in quanto il primo passo per la realizzazione di una mappa acustica, è la creazione del modello digitale del terreno (DGM – Digital Ground Model).

Tali informazioni sono state fornite dagli uffici tecnici del Comune di Genova in formato di file shape.

Per la realizzazione del DGM è stata presa in considerazione un'area molto ampia in modo tale che si fosse sicuri che l'area investigata, che deve essere definita in un secondo momento sulla base della propagazione sonora in campo libero della sola sorgente Strada Sopraelevata Aldo Moro, ricadesse all'interno di quest'area.

Sono state unite tra loro tre mappe cartografiche. Ciascuna mappa è di dimensioni 700m x 830m. Il DGM dell'intera area ha una superficie pari a 1 743 000 m².

Ogni mappa cartografica completa è formata da 50 shape file e relativi file database associati. Al fine di realizzare il DGM solo gli shape file relativi alle curve di livello, ai punti in quota, alle linee perimetrali degli edifici, alle linee di contorno degli assi stradali sono stati importati nel software di propagazione sonora. È stato inserito il tratto stradale di interesse e gli edifici che



ricadono all'interno dell'area di studio, sebbene l'individuazione dei confini dell'area sia stata fatta in un secondo momento.

Come detto e come è possibile vedere dalla figura 3.2 l'andamento del terreno è molto variabile: in alcuni punti i pendii sono ripidi e gli avvallamenti sono stretti e profondamente scavati.

Nella parte nord dell'area in esame il terreno è più pendente rispetto alla zona sud, arrivando ad avere una quota di pochi metri sul livello medio del mare.

A sud, alcuni edifici di primo fronte rispetto alla Strada Sopraelevata Aldo Moro si trovano parzialmente o totalmente al di sotto del livello stradale, come è possibile vedere in figura 3.3. Mentre altri edifici si trovano ben al di sopra del livello stradale, come riportato in figura 3.4.



Figura 3.3 – Palazzo di primo fronte posto parzialmente al di sotto del livello stradale della Sopraelevata



Figura 3.4 – Palazzi posti al di sopra del livello stradale della Sopraelevata

Dal punto di vista acustico, l'andamento del terreno come sopra descritto comporta che anche zone vicine all'asse stradale della Sopraelevata Aldo Moro possano essere esposte a bassi



livelli di rumore emessi dalla sorgente stradale mentre altre zone più lontane abbiano livelli di rumore in facciata elevati.

Dati di input: caratteristiche stradali e flussi di traffico

La strada presa in considerazione in questo studio e sulla base della quale la mappa acustica è stata realizzata è delimitato dall'entrata a ponente in zona Sampierdarena e dall'uscita in zona Foce. La sezione iniziale è situata prima all'inizio della rampa di accesso della Sopraelevata stessa, mentre la sezione finale è in zona fieristica. La lunghezza totale del percorso è pari a 5.0 km.

La strada in questo tratto presenta delle lievi curve sia verso sinistra che verso destra, senza brusche variazioni dell'andamento longitudinale. Le carreggiate sono due, una per ogni senso di marcia, senza corsie d'emergenza, separate da un vuoto e un doppio guard-rail centrale. Ogni carreggiata presenta due corsie larghe mediamente 3.50 metri cadauna. La strada Sopraelevata ha una larghezza totale di circa 16 metri.

Non sono state prese in considerazione strade secondarie in quanto sono strade locali utilizzate quasi esclusivamente dalla popolazione residente e il traffico maggiore si sviluppa proprio lungo la Strada Aldo Moro.

Per ricreare nel modello di propagazione sonora la sorgente stradale principale sono state inserite due linee di emissione sonora che rappresentano i due assi stradali, uno in direzione ponente e l'altro in direzione levante. Ciascuna di queste linee di emissione contiene le informazioni riguardanti i flussi di traffico.

Per le linee di emissione delle sorgenti stradali, il programma richiede come caratteristiche geometriche della strada: la larghezza delle corsie, dello spartitraffico e delle corsie di emergenza (ove presenti). La larghezza delle corsie e della banda di emissione è riferita alla linea di emissione, come è riportato in figura 3.5. È stata considerata un'unica linea di emissione per carreggiata e non per corsia.

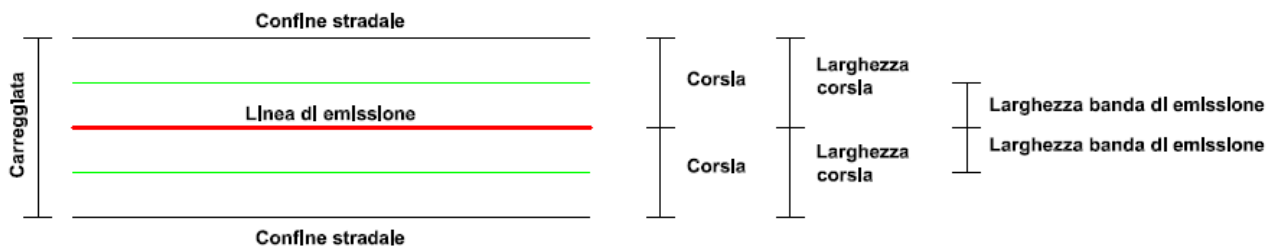


Figura 3.5 – Definizione del profilo stradale nel software

Come conseguenza dei flussi di traffico, delle caratteristiche della strada e delle intersezioni con le entrate e con le uscite, la velocità di transito è variabile nelle differenti sezioni stradali considerate. In generale, la velocità risulta essere maggiore quando il traffico è regolare e scorrevole. Per il periodo di studio, a seguito dell'introduzione e la messa in funzione del tutor stradale lungo la strada Sopraelevata Aldo Moro, la media annuale dei valori riferiti alla velocità dei mezzi in transito risulta pari a circa 65 km/h. Per creare il modello di propagazione acustica si è utilizzato il valore limite di velocità consentito sulla strada in oggetto, fissato in 60 km/h per tutti e tre i periodi del giorno.

Dai dati di traffico elaborati per il presente studio si è potuto osservare che:



- durante il periodo notturno si ha un netto calo dei flussi di traffico;
- i flussi veicolari del weekend non variano particolarmente rispetto a quelli dei giorni lavorativi;
- il trend di traffico è pressoché costante durante l'intero periodo annuo osservato;
- in generale i flussi di traffico in direzione levante risultano essere leggermente maggiori rispetto ai flussi veicolari in direzione ponente.



Figura 3.6 – Suddivisione del traffico stradale lungo la Sopraelevata

I dati di input legati al traffico veicolare, ottenuti dalla campagna di misure, forniscono il numero di veicoli per ora, non distinguendo però tra differenti tipologie di mezzi. Tuttavia si è deciso di accorpare la percentuale di automobili a quella di motocicli facendole ricadere nella categoria dei veicoli leggeri mentre i veicoli pesanti transitanti sono stati considerati pari a zero in virtù dell'interdizione degli stessi al transito sulla Strada Sopraelevata Aldo Moro.

Per quanto riguarda il traffico, oltre al numero di veicoli per ora, il software richiede di definire anche se nei tre periodi del giorno il flusso è scorrevole, congestionato, accelerato o decelerato. Per tutte le sezioni nel tratto in esame il flusso è stato considerato sempre scorrevole.

Altre informazioni richieste riguardano: la tipologia di manto stradale e se ci sono tratti stradali in cui avvengono riflessioni multiple (effetto canyon). Come manto stradale, tra quelli definiti dal software, è stato scelto asfalto liscio; mentre non è stata selezionata la condizione di riflessioni multiple in quanto nel tratto considerato sono pochi e di limitata lunghezza i punti dove gli edifici possono generare un effetto canyon.



Dati di input: classificazione degli edifici

L'inserimento e la classificazione degli edifici in base alla destinazione d'uso è stata fatta dopo che è stata definita l'area da mappare.

Nella cartografia fornita dagli uffici tecnici del Comune di Genova gli edifici sono inseriti in un unico layer. Non è presente una specifica distinzione degli edifici sulla base della destinazione d'uso. Pertanto è stato necessario verificare sul campo la reale destinazione d'uso degli edifici.

Sono state individuate 8 scuole, 2 edifici religiosi, 1 ospedale, 1 clinica e alcuni edifici ad uso prevalentemente commerciale. Il maggior numero di edifici è ad uso residenziale. Diversi edifici hanno una destinazione d'uso mista: commerciale e residenziale, specialmente lungo il percorso della Sopraelevata; tuttavia nel software è consentito inserirne solo una. A titolo precauzionale è stato scelto di considerare questi edifici come residenziali.

Sulla base delle informazioni richieste dal software, altri dati relativi agli edifici devono essere raccolti, come:

- il numero di piani;
- l'altezza di ciascun piano;
- l'altezza totale dell'edificio.

Le informazioni inerenti al numero di piani per ogni edificio è stata fatta, ove possibile, attraverso le informazioni contenute nella cartografia resa disponibile. Nel caso di assenza di informazioni, si è effettuata una verifica in loco o tramite servizi di geovisualizzazione online.

Nel software di propagazione sonora sono svariate le destinazioni d'uso degli edifici: edifici principali (residenziali), edifici ausiliari, scuole, ospedali, asili ed edifici di cui non è nota la destinazione d'uso o non può essere classificata all'interno delle altre categorie.

Il calcolo del numero di residenti esposti a differenti livelli di rumore viene fatto unicamente per gli edifici residenziali. Edifici pubblici, ad uso commerciale, di culto sono stati inseriti come edifici ausiliari.

Dati di input: informazioni sulla popolazione esposta

Le informazioni inerenti il numero di persone che vivono all'interno degli edifici residenziali sono state raccolte sulla base di:

- la tipologia di edifici che sono presenti nell'area investigata
- il numero medio di persone che formano un nucleo familiare nei quartieri di Genova Foce, Genova Centro, Genova Caricamento e Genova Dinegro.

Molti degli edifici che rientrano nell'area da mappare sono stati costruiti durante il boom edilizio degli anni '60. La superficie media degli appartamenti è di circa 80 m².

In generale la città di Genova ha una crescita demografica molto lenta e il numero di persone sopra i 65 anni di età è elevata e i quartieri interessati dal presente studio non risultano rappresentare un'eccezione.

La media dei nuclei familiari è costituita da due persone. Ai fini del calcolo del numero di persone esposte a differenti livelli di rumore, è stato inserito all'interno del modello di calcolo un valore medio di 40 m²/persona.

**Dati di input: caratteristiche della superficie del terreno**

Secondo le linee guida della Commissione europea in generale si può assumere che in ambito urbano la superficie del terreno sia riflettente mentre in aperta campagna sia assorbente. Si aggiunge inoltre che le caratteristiche del terreno possono essere trascurate per superfici inferiori ai 250 m², le quali abbiano caratteristiche differenti rispetto alle zone circostanti, senza che l'accuratezza del modello venga meno.

Dal momento che l'area d'interesse è inserita in un contesto urbano, il terreno è stato assunto riflettente.

Le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno sono state inserite nel modello di propagazione in campo libero al fine di determinare i confini dell'area di studio.

La superficie stradale viene invece considerata riflettente di default.

Dati in input: informazioni meteorologiche

Sono richieste anche informazioni inerenti la temperatura, l'umidità, la velocità e la direzione del vento. In tabella 3.3 sono riportati i valori medi mensili di temperatura ed umidità per l'anno 2021.

Tabella 3.3 – Valori medi mensili di temperatura e umidità dell'anno 2021

2021	Temperatura [°C]	Umidità [%]
Gennaio	7.3	68.6
Febbraio	10.9	73.8
Marzo	12.2	60.4
Aprile	13.4	65.0
Maggio	16.4	78.4
Giugno	22.8	74.8
Luglio	24.4	78.8
Agosto	25.0	70.6
Settembre	23.1	68.0
Ottobre	17.5	62.4
Novembre	12.9	69.8
Dicembre	10.0	67.1
Media annua	16.3	69.8

Non è stato possibile raccogliere i dati riguardanti la velocità del vento e la direzione in quanto tali informazioni sono gestite dalle stazioni militari. Pertanto sono stati presi in considerazione i valori di default definiti dal metodo di calcolo NMPB per definire le condizioni favorevoli di propagazione sonora: 50% per il giorno, 75% per la sera e 100% per la notte.

3.3.2 DEFINIZIONE DEI CONFINI DELL'AREA DA INVESTIGARE

I confini di un'area, che deve essere mappata dal punto di vista acustico, per una determinata tipologia di sorgente, vengono definiti sulla base della propagazione sonora della principale sorgente, presa in considerazione. Nelle linee guida fornite dalla Commissione europea viene indicata la procedura consigliata per determinare i confini dell'area, ai fini di realizzare la



mappatura acustica della stessa. Per le strade principali, così come per le linee ferroviarie principali, tale procedura è suddivisa in 3 fasi successive:

1^a fase

Creare nel software di propagazione sonora una “situazione di rumore” in cui siano presenti esclusivamente: il DGM, le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno e l’asse stradale della strada principale, dentro il quale sono inserite le caratteristiche della strada e i flussi veicolari.

Una volta definita la “situazione di rumore”, sulla base di essa deve essere creato il modello di propagazione sonora. Vista l’assenza di ostacoli verticali, la propagazione sonora sarà in campo libero.

Confrontare l’area racchiusa all’interno della curva di isolivello sonoro $L_{den}=55$ dB(A) e la curva di isolivello sonoro $L_{night}=50$ dB(A) e prendere in considerazione solo la curva di isolivello sonoro che racchiude l’area più grande.

2^a fase

Misurare la distanza più grande “d” tra l’asse stradale e la curva di isolivello sonoro $L_{den}=55$ dB(A) (o $L_{night}=50$ dB(A)).

Moltiplicare tale distanza “d” per un coefficiente pari a 1.5, ottenendo così la distanza “d₁”.

3^a fase

Disegnare lungo tutto l’asse stradale preso in esame e per ambo i lati una linea posta ad una distanza “d₁” dall’asse stradale. L’area racchiusa da tale linea è l’area che deve essere mappata.

Nel presente studio, a cui è stato data un’impostazione a carattere prevalentemente sperimentale, la procedura qui sopra descritta per la determinazione dei confini dell’area di studio è stata eseguita in parte, per le ragioni che saranno spiegate più avanti.

In dettaglio viene descritta la procedura eseguita per la determinazione dell’area da mappare, relativamente allo studio in esame.

La prima fase è stata fatta in accordo con la procedura suggerita nelle linee guida della Commissione europea.

Nel software è stata creata una “situazione di rumore” in cui erano presenti il DGM, precedentemente calcolato, le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno, e la sorgente di rumore principale. Nel presente studio è stato considerato il tratto della Strada Sopraelevata Aldo Moro, in quanto la mappa acustica da realizzare fa riferimento a tale sorgente.

Per la modellizzazione della propagazione sonora in campo libero è stato scelto un reticolo a maglia costante, i cui elementi sono quadrati di lato 10 m. La mappa è stata realizzata ad una quota di 4 m al di sopra del DGM. La configurazione di calcolo per la propagazione sonora è riportata in tabella 3.4.

Tabella 3.4 – Configurazione di calcolo

Angolo d’incremento [°]	7
Ordine di riflessione	1



Profondità di riflessione	1
Raggio di massima ricerca [m]	500
Tolleranza [dB]	0
Pesatura	dB(A)
Diffrazioni laterali	non selezionato

È stato scelto un angolo d'incremento pari a 7° in quanto tale valore è un buon compromesso tra il tempo di calcolo e l'accuratezza.

È stato scelto un ordine di riflessione pari a 1 dal momento che nel modello non sono presenti ostacoli verticali e la propagazione sonora risulta quindi in campo libero.

La profondità di riflessione definisce il numero di potenziali superfici riflettenti che il raggio sonoro "ricercatore" può scavalcare affinché i raggi riflessi possano essere ancora trovati². Dal momento che in questo modello non ci sono ostacoli, è stata scelta una profondità di riflessione pari a 1.

"Raggio di massima ricerca" stabilisce quanto lontano una sorgente può essere dal ricevitore e può ancora contribuire al livello sonoro complessivo in corrispondenza di tale ricevitore. Dal momento che l'area è molto ampia è stato scelto di considerare il valore di default pari a 500 m.

Come pesatura è stata scelta la "A" come da Decreto.

Non è stata selezionata la casella "Diffrazioni laterali" in quanto non sono presenti ostacoli verticali in questo modello.

Come metodo computazionale è stato scelto il metodo ufficiale francese NMPB – Routes- 96 come richiede il D.lgs 194/2005.

Dopo aver elaborato tutti i dati, il software ha generato la mappa acustica, in termini di L_{den} e L_{night} , per la propagazione sonora in campo libero della sola sorgente sonora Strada Sopraelevata Aldo Moro.

La distanza tra la sorgente sonora Strada Aldo Moro e le curve di isolivello sonoro $L_{den} = 55$ dB(A) e $L_{night} = 50$ dB(A) varia significativamente lungo l'asse stradale in conseguenza dell'andamento del terreno, che come è stato già più volte detto, è molto variabile. Le curve di isolivello $L_{den} = 55$ dB(A) e $L_{night} = 50$ dB(A) sono quasi a contatto con l'asse stradale in corrispondenze dei punti di maggiore profondità rispetto al terreno circostante.

Dal momento che la zona a sud è meno densamente edificata e si trova ad una quota al di sotto della Strada Aldo Moro mentre la zona a nord ad una quota al di sopra, il rumore che si propaga si estende maggiormente nella zona sud rispetto che nella zona nord.

È stata presa in considerazione l'area sottesa dalla curva di isolivello sonoro $L_{den} = 55$ dB(A) dal momento che essa è più estesa rispetto all'area racchiusa dalla curva di isolivello sonoro $L_{night} = 50$ dB(A).

La seconda e la terza fase della procedura per la determinazione dei confini dell'area di studio non sono state prese in considerazione in quanto nel contesto di studio in esame si ritiene estremamente precauzionale la metodologia definita dalle linee guida da diventare poco efficace per i fini con cui si è proposta. Infatti in un contesto urbano, come quello che si sta



analizzando in questo studio, la presenza di ostacoli verticali, come edifici e muri, fa sì che la propagazione sonora non avvenga mai in campo libero, per cui considerare la distanza massima tra l'asse stradale e la curva di isolivello sonoro $L_{den} = 55 \text{ dB(A)}$ è già di per sé una misura cautelativa.

Nel presente studio si è quindi scelto di considerare costanti, rispetto all'asse stradale della sorgente principale, i confini dell'area, come le linee guida suggeriscono. Tale scelta è stata fatta sia per ragioni legate alle caratteristiche del territorio in esame sia per la densità di edificazione a nord della strada stessa.

Si è quindi scelto di considerare una distanza "d" costante, pari a 700 m, tra l'asse stradale e la linea che racchiude l'area di studio. Per mappature acustiche dove la sorgente stradale principale si estende per svariati chilometri si suggerisce infatti di mantenere una distanza "d" costante, perché la morfologia del territorio può cambiare e pertanto è bene generalizzare la metodologia con cui vengono definiti i confini dell'area, prendendo una distanza fissa. Si vuole però suggerire, in base all'esperienza fatta in questo studio, di scegliere la distanza "d" per definire i confini dell'area di studio e non la distanza "d₁", se la mappatura che deve essere realizzata è riferita ad una sorgente stradale inserita in un territorio urbano densamente edificato.

3.3.3 PREPARAZIONE DEL MODELLO DI PROPAGAZIONE SONORA

Una volta definita l'area per la quale deve essere realizzata la mappatura, sono stati inseriti nel modello anche gli edifici, i muri e la distribuzione della popolazione residente.

Le sorgenti stradali secondarie non sono state prese in considerazione per il presente studio.

3.3.4 VALIDAZIONE DEL MODELLO

Prima di realizzare la mappatura acustica, il modello di propagazione sonora deve essere validato sulla base del modello realizzato per la precedente mappatura.

La validazione è stata fatta confrontando i livelli di pressione sonora misurati in campo e i livelli di pressione sonora calcolati dal software nelle medesime posizioni in cui sono state fatte le misure fonometriche.

Tabella 3.5 – Configurazione di calcolo

Angolo d'incremento [°]	7
Ordine di riflessione	3
Profondità di riflessione	1
Raggio di massima ricerca [m]	500
Tolleranza [dB]	0
Pesatura	dB(A)
Diffrazioni laterali	selezionato
Effetti del terreno a partire dalla superficie stradale	selezionato
Sorgenti date da riflessioni laterali	selezionato



Per la presenza di ostacoli verticali il comando “Diffrazioni laterali” e “Sorgenti date da riflessioni laterali” è stato selezionato.

È stato scelto un ordine di riflessione pari a 3 per ottenere una migliore accuratezza del risultato finale.

Si è proceduto alla validazione del modello tramite calibrazione dei flussi di traffico in entrambe le direzioni di marcia sulla strada sopraelevata Aldo Moro, ricavati dalle misurazioni effettuate dal Comando di Polizia Municipale e presenti agli atti, modulandoli e compatibilmente con il traffico veicolare reale, ottenendo i valori che meglio approssimano la situazione dello stato di fatto.

Dopo aver calcolato i livelli di pressione sonora, tali valori sono stati confrontati con quelli misurati nelle due campagne di misura. Il confronto è riportato nella tabella 3.18.

Tabella 3.6 – Confronto tra livelli misurati e livelli calcolati

		Calcolato	Misurato	Scarto
Postazione 1	DAY	74.3	74.1	0.2
	NIGHT	68.2	67.6	0.6

Dalla tabella 3.6 si può vedere come le differenze tra valori calcolati e valori misurati è piccola e in tutti i casi inferiore a 1 dB.

In linea generale, il modello sovrastima, anche se di poco, la condizione reale. Appare meglio ottenere delle differenze positive tra valori calcolati e misurati invece che differenze negative, perché il modello risulta in questo modo a favore di sicurezza.

Sulla base di questi risultati il modello è stato validato e si è potuto quindi procedere con l'elaborazione delle mappe acustiche.

3.4 Mappe acustiche

Il D.lgs 194/2005 prevede all'Allegato VI “ Dati da trasmettere alla Commissione”, che per gli agglomerati venga stimato:

- *il numero totale di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: **55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75**, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. (Punto 1.5)*
- *Il numero totale stimato di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{night} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: **50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70**, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. (Punto 1.6)*

Al Punto 1.7 dell'Allegato VI vengono inoltre richieste *le mappe strategiche in forma di grafico*, le quali *devono presentare almeno le curve di livello 60, 65, 70 e 75 dB*.



Mentre al Punto 8 dell'Allegato IV "Requisiti minimi delle mappe acustiche strategiche" si specifica che *per gli agglomerati devono essere tracciate mappe acustiche strategiche distinte per il rumore del traffico veicolare, ferroviario, aereo e dell'attività industriale. Possono essere aggiunte mappe relative ad altre sorgenti di rumore.*

Nel presente studio, che rappresenta il primo passo della mappatura acustica strategica della città di Genova, è stata considerata la sorgente di rumore costituita da Corso Europa e un'area di dimensioni relativamente ridotte. In ogni caso, le mappe acustiche della sorgente sonora presa in esame sono state realizzate seguendo i dettami del D.lgs 194/2005 e i suggerimenti delle linee guida forniti nel 2007 dalla Commissione europea.

Al fine di modellizzare la propagazione sonora della sorgente in esame, la mesh del modello di calcolo è stata posizionata ad una quota di 4 m rispetto alla quota del terreno, secondo come richiesto al Punto 7 dell'Allegato IV del D.lgs 194/2005: *le mappe acustiche strategiche ad uso locale o nazionale devono essere tracciate utilizzando un'altezza di misurazione di 4 m e intervalli di livelli di L_{den} e L_{night} di 5 dB come definito nell'Allegato VI.*

È stato possibile impostare una mesh con elementi della griglia che abbiano i lati di lunghezza uguale o inferiore a 10 m, così come suggerito dalle linee guida. Sulla base di queste indicazioni, la mappa acustica è stata realizzata impostando la tipologia di calcolo e nella tabella 3.25 è riportata la configurazione di calcolo usata per la propagazione sonora del presente studio

Tabella 3.19 – Configurazione di calcolo

Angolo d'incremento [°]	7
Ordine di riflessione	3
Profondità di riflessione	1
Raggio di massima ricerca [m]	700
Tolleranza [dB]	0
Pesatura	dB(A)
Diffrazioni laterali	selezionato
Effetti del terreno a partire dalla superficie stradale	selezionato
Sorgenti date da riflessioni laterali	selezionato
Distanza tra ricettori [m]	10.0
Quota sopra il terreno [m]	4.0
Inserimento di ricettori ad una distanza di 2 m dalla facciata	selezionato
Soppressione delle riflessioni sulle "proprie" facciate	selezionato

Il comando "Inserimento di ricettori ad una distanza di 2 m dalla facciata" è stato selezionato in quanto permette di calcolare le facciate silenziose.

Il comando "Soppressione delle riflessioni sulle "proprie" facciate" è stato selezionato in accordo con il D.lgs 194/2005. È stato inoltre selezionato per posizionare i ricettori in facciata per l'elaborazione delle mappe in accordo con l'Allegato VI del Decreto.

Per la spiegazione degli altri comandi si rimanda al paragrafo 3.3.2.



Le tavole delle mappe acustiche in forma di grafico, come richiesto al Punto 1.7 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005, sono riportate all'Allegato 1 della presente relazione e di seguito brevemente descritte:

Allegato 1 - Tavola 1: mappa acustica in scala 1:5000 in formato grafico in cui vengono riportate le curve di isolivello sonoro 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 e 80 dB(A) del descrittore acustico L_{den} .

Allegato 2 -Tavola 2: mappa acustica in scala 1:5000 in formato grafico in cui vengono riportate le curve di isolivello sonoro 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 e 80 dB(A) del descrittore acustico L_{night} .

Come colori sono stati utilizzati quelli definiti dalla ISO 1996-2:1987³. Si noti che tale standard è stato sostituito dalla ISO 1996-2:2007, tuttavia questo nuovo standard non definisce i colori delle diverse fasce di livelli di rumore⁴.

Sulla base delle mappe acustiche che sono state elaborate si possono fare le seguenti osservazioni:

- La propagazione sonora del rumore emesso dalla strada Sopraelevata Aldo Moro è in molti punti ostacolata dalla presenza degli edifici di primo fronte;
- Come per la propagazione in campo libero, anche in questo caso, essa è maggiore sul lato sud rispetto al lato nord della strada, dal momento che la zona a sud è quasi tutta situata al di sotto della quota della strada stessa e la mappa è posizionata ad una quota costante, funzione però della quota del terreno;
- Sul lato nord la propagazione del rumore è maggiore nei tratti di ponente e al centro rispetto che nel tratto di levante poiché gli edifici sono più lontani rispetto alla sorgente.

Attraverso la tipologia di calcolo CNM è possibile inoltre calcolare quanto richiesto ai Punti 1.5 e 1.6 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005. Il software restituisce una tabella in cui viene riportato il numero totale di abitanti esposti ai diversi intervalli di L_{den} e di L_{night} definiti dal Decreto ad una quota di 4 m sopra il DGM.

La tabella elaborata dal software riferita a L_{den} è riportata in tabella 3.20, mentre la tabella riferita a L_{night} è riportata in tabella 3.21.

Il numero totale di persone residenti nell'area considerate nel dominio della simulazione di propagazione acustica è pari a 61.000 unità, valore stimato considerando la popolazione riportata nel report statistico del Comune di Genova, con la situazione al 31 dicembre 2021.






	Livello di rumore – dB(A)	Persone esposte
	55 – 59	349
	60 – 64	1005
	65 – 69	830
	70 – 74	0
	> 75	0

Tabella 3.20 – Distribuzione della popolazione esposta ai livelli di rumore in termine di L_{den}








	Livello di rumore – dB(A)	Persone esposte
	50 – 54	888
	55 – 59	923
	60 – 64	170
	65 – 69	0
	> 70	0

Tabella 3.21 – Distribuzione della popolazione esposta ai livelli di rumore in termini di L_{night}

Si sono inoltre realizzate delle tabelle riferite alla superficie esposta: in tabella 3.22 è riportata la superficie totale, espressa in km^2 , esposta alle differenti bande di L_{den} e quelle per valori superiore ai 55 e ai 65 dB(A); in maniera analoga, in tabella 3.23 sono riportati i valori di superficie esposta in termini di L_{night} .






	Livello di rumore – dB(A)	Superficie (km^2)
	55 – 59	0.50
	60 – 64	0.22
	65 – 69	0.13
	70 – 74	0.09
	> 75	0.03
	> 55	0.97
	> 65	0.25

Tabella 3.22 – Distribuzione della superficie esposta ai livelli di rumore in termine di L_{den}






	Livello di rumore – dB(A)	Superficie (km^2)
	50 – 54	0.30
	55 – 59	0.15
	60 – 64	0.09
	65 – 69	0.07
	> 70	0.02

Tabella 3.23 – Distribuzione della superficie esposta ai livelli di rumore in termini di L_{night}

Si può osservare da queste tabelle che:



Sopraelevata - Centro - Levante

- Per valori di L_{den} superiori a 55 dB(A) la maggioranza della popolazione residente è esposta a livelli di L_{den} compresi tra 55 e 60 dB(A) seguita da quella esposta a livelli di L_{den} compresi tra 60 65 dB(A);
- Per valori di L_{night} superiori a 50 dB(A) la maggioranza della popolazione residente è esposta a livelli di L_{night} compresi tra 50 e 55 dB(A) seguita da quella esposta a livelli di L_{night} compresi tra 55 60 dB(A);
- L'ospedale e la clinica non sono esposti né a valori di L_{den} superiori a 55 dB(A), né a valori di L_{night} superiori a 50 dB(A);
- Solo due edifici di uno degli 8 complessi scolastici è esposto a livelli di L_{den} compresi tra 55 e 60 dB(A).
- Solo 6 edifici sono esposti a livelli di L_{den} superiori a 75 dB(A).

Si noti che, se un stesso edificio è composto da più parti con altezze e piani differenti tra loro, il software conteggia ogni singola struttura dell'edificio.



4. Mappatura acustica dell'asse Centro – Levante

Il tratto preso in considerazione è situato tra la zona Centro e quella di Levante, lungo Corso Europa. La figura 4.1 mostra una vista satellitare del tratto stradale esaminato.



Figure 4.1 – Vista satellitare dell'asse viario Centro – Levante

I confini dell'area investigata sono stati ottenuti sulla base della propagazione sonora in campo libero delle sole sorgenti Viale Brigate Partigiane, Viale Brigate Bisagno, Via Tolemaide, Via Invrea, Via Montevideo, Corso Gastaldi e Corso Europa, nel tratto di interesse. La metodologia applicata per definire tali confini sarà descritta più dettagliatamente in seguito.

4.1 Caratteristiche della strada e del flusso di traffico veicolare

La strada nel tratto considerato è lunga circa 5,8 km e si snoda attraverso i quartieri di Genova Foce, Genova Centro, Genova San Martino, Genova Sturla, Genova Quarto. Una vista satellitare dell'asse viario e della zona circostante è riportata in figura 4.1 mentre una vista delle curve di livello è rappresentata in figura 4.2.

In direzione levante l'asse viario si snoda lungo Viale Brigate Partigiane, Viale Brigate Bisagno, Via Invrea, Via Montevideo, Corso Gastaldi e Corso Europa. Verso ponente, da Corso Europa, compie il percorso inverso lungo Corso Gastaldi, Via Tolemaide, Piazza delle Americhe, Viale Brigate Bisagno e Viale Brigate Partigiane.

L'asse viario è alquanto vario: Viale Brigate Partigiane e Viale Brigate Bisagno hanno un ampio sviluppo trasversale, a tre corsie (quattro a tratti) per senso di marcia, separate da una aiuola spartitraffico larga una decina di metri, e sono costeggiate da ampi marciapiedi sui quali



Sopraelevata - Centro - Levante

affacciano edifici costituiti per lo più da una decina di piani. Diversa tipologia per quanto riguarda Via Tolemaide e l'ultimo tratto verso la zona centro di Corso Gastaldi che, verso monte fiancheggiano la zona ferroviaria di Genova Brignole, mentre alla sinistra del senso di marcia, sono costeggiata da edifici di carattere residenziale. Per quanto riguarda Via Invrea e Via Montevideo, invece, il percorso, ad un unico senso di marcia, si snoda attraverso edifici che si stagliano su entrambi i lati delle vie di interesse.

Lungo tutto il tratto considerato, ad eccezione di Corso Europa, è consentita una velocità non superiore ai 50 km/h, mentre lungo Corso Europa la velocità limite è di 60 km/h.

Più di 20 milioni di veicoli transitano annualmente in questi tratti di strada con un trend di traffico pressoché costante durante l'intero anno. Essendo il numero di passaggi eccedenti il limite di 6 milioni di veicoli, come richiesto dalla Direttiva Europea 2002/49/EC, è necessario realizzare una mappatura acustica strategica per l'area in questione.

Le tipologie di veicoli che normalmente transitano lungo questa arteria stradale sono velocipedi, ciclomotori, motocicli, automobili, nonché a veicoli pesanti quali camion e autobus per il trasporto pubblico.

A causa delle caratteristiche morfologiche della città, Genova è caratterizzata da un elevato numero di mezzi a due ruote e anche in questo tratto stradale è presente un elevato numero di motocicli.

Nell'elaborazione dei dati di traffico i motocicli e le macchine sono state fatte ricadere nella categoria dei veicoli leggeri mentre i veicoli pesanti comprendono le categorie camion e autobus per il trasporto pubblico.



Figura 4.2 – Curve di livello per il tratto di interesse



4.2 Caratteristiche dell'area investigata

L'area in esame ha caratteristiche alquanto differenti a seconda della zona considerata, sia a livello morfologico sia a livello urbano, essendo l'uso del territorio differente nei vari tratti considerati, sia da nord a sud, così come da levante a ponente.

A livello morfologico, il terreno presenta un andamento variabile con dislivelli contenuti nella zona della Foce, con un campo maggiormente aperto, mentre verso il Centro si presenta più chiuso, conseguenza della particolare tipologia del tessuto urbano, così come a levante, dove si ha una maggiore differenziazione tra il lato a sud e quello a nord. Elemento accomunante le varie zone è l'essere caratterizzati da una fitta rete di strade e stradine che corrono lungo lo snodarsi degli assi viari considerati, molte delle quali sono strette, come è caratteristico del tessuto urbano del capoluogo ligure, dove non mancano i tipici "caruggi" genovesi.

Altre arterie principali si snodano parallelamente e perpendicolarmente ai tratti in esame, rendendo difficoltoso l'analisi dinamica dei dati.

4.3 Realizzazione della mappatura acustica

Al fine di realizzare la mappa acustica dell'area investigata in funzione dei descrittori acustici L_{den} e L_{night} , come richiesto dal D.lgs 194/2005, l'attività è stata svolta nella maniera seguente:

- Acquisizione ed elaborazione dei dati di input;
- Definizione dei confini dell'area da investigare;
- Preparazione del modello di propagazione sonora;
- Validazione del modello di propagazione sonora;
- Accuratezza del modello di propagazione sonora.

Come software di propagazione sonora è stato utilizzato il software commerciale MITHRA – SIG, versione 5.1.8.

4.3.1 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI DI INPUT

Questa è la fase sicuramente più importante nella redazione di una mappa acustica perché la mappa è rappresentativa della situazione di clima acustico reale solo se i dati di input raccolti sono loro stessi rappresentativi della condizione reale. Pertanto l'accuratezza di una mappa si basa sulla qualità dei dati raccolti. Tuttavia i dati di input che vengono richiesti per la creazione delle mappe sono numerosi e non sempre facilmente reperibili. Qualche volta i dati non sono disponibili o sono disponibili in parte oppure disponibili ma definiti con indicatori non appropriati. Inoltre alcuni dei dati richiesti hanno un grado di dettaglio così elevato che risulta molto difficile ottenerli, soprattutto in certi contesti urbani. La difficoltà di reperire tali dati è stata discussa ampiamente all'interno delle linee guida per la realizzazione delle mappe acustiche¹.

Nel presente studio vengono riportati i dati che sono stati raccolti per la realizzazione della mappa acustica dell'area presa in considerazione. Per ogni categoria di dati verrà fatta una descrizione su come sono stati raccolti ed elaborati.



Dati di input: morfologia del territorio in esame

Le prime informazioni, che è necessario avere a disposizione, sono quelle riguardanti la morfologia del terreno, in quanto il primo passo per la realizzazione di una mappa acustica, è la creazione del modello digitale del terreno (DGM – Digital Ground Model).

Tali informazioni sono state fornite dagli uffici tecnici del Comune di Genova in formato di file shape.

Per la realizzazione del DGM è stata presa in considerazione un'area molto ampia in modo tale che si fosse sicuri che l'area investigata, che deve essere definita in un secondo momento sulla base della propagazione sonora in campo libero delle sole sorgenti stradali considerate, ricadesse all'interno di quest'area.

Sono state unite tra loro quattro mappe cartografiche. Ciascuna mappa è di dimensioni 700m x 830m. Il DGM dell'intera area ha una superficie pari a 2 324 000 m².

Ogni mappa cartografica completa è formata da 50 shape file e relativi file database associati. Al fine di realizzare il DGM solo gli shape file relativi alle curve di livello, ai punti in quota, alle linee perimetrali degli edifici, alle linee di contorno degli assi stradali sono stati importati nel software di propagazione sonora. È stato inserito il tratto stradale di interesse e gli edifici che ricadono all'interno dell'area di studio, sebbene l'individuazione dei confini dell'area sia stata fatta in un secondo momento.

Dal punto di vista acustico, l'andamento del terreno come precedentemente descritto comporta che anche zone vicine agli assi stradali considerati possano essere esposte a bassi livelli di rumore emessi dalle sorgenti stradali mentre altre zone più lontane abbiano livelli di rumore in facciata elevati.

Dati di input: caratteristiche stradali e flussi di traffico

La strada nel tratto considerato è lunga circa 5,8 km e si snoda attraverso i quartieri di Genova Foce, Genova Centro, Genova San Martino, Genova Sturla, Genova Quarto. Una vista satellitare dell'asse viario e della zona circostante è riportata in figura 4.1 mentre una vista delle curve di livello è rappresentata in figura 4.2.

In direzione levante l'asse viario si snoda lungo Viale Brigate Partigiane, Viale Brigate Bisagno, Via Invrea, Via Montevideo, Corso Gastaldi e Corso Europa. Verso ponente, da Corso Europa, compie il percorso inverso lungo Corso Gastaldi, Via Tolemaide, Piazza delle Americhe, Viale Brigate Bisagno e Viale Brigate Partigiane.

Non sono state prese in considerazione strade secondarie in quanto il traffico maggiore si sviluppa proprio lungo le arterie individuate.

Per ricreare nel modello di propagazione sonora la sorgente stradale principale sono state inserite le linee di emissione sonora che rappresentano gli assi stradali, in entrambe le direzioni di marcia. Ciascuna di queste linee di emissione contiene le informazioni riguardanti i flussi di traffico.

Per le linee di emissione delle sorgenti stradali, il programma richiede come caratteristiche geometriche della strada: la larghezza delle corsie, dello spartitraffico e delle corsie di emergenza (ove presenti). La larghezza delle corsie e della banda di emissione è riferita alla linea di emissione, come è riportato in figura 4.5. È stata considerata un'unica linea di emissione per carreggiata e non per corsia.



Sopraelevata - Centro - Levante

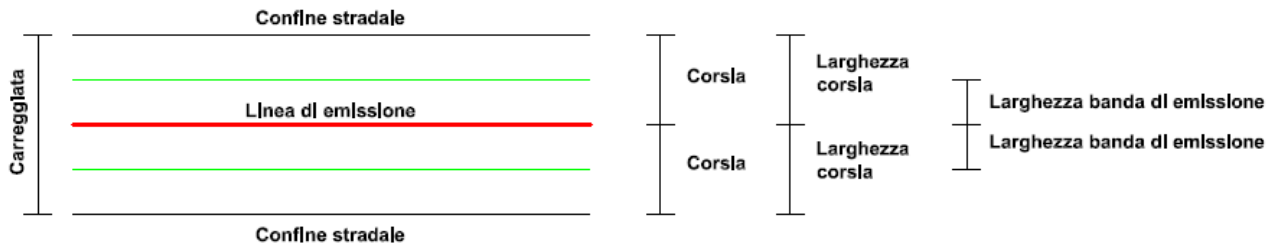


Figura 4.5 – Definizione del profilo stradale nel software

Come conseguenza dei flussi di traffico, delle caratteristiche della strada e delle intersezioni con altre arterie, la velocità di transito è variabile nelle differenti sezioni stradali considerate. In generale, la velocità risulta essere maggiore quando il traffico è regolare e scorrevole. Per il periodo di studio, la media annuale dei valori riferiti alla velocità dei mezzi in transito risulta pari a circa 67 km/h. Per creare il modello di propagazione acustica si è utilizzato il valore limite di velocità consentito sulle strade in oggetto, fissato in 50 km/h per tutti e tre i periodi del giorno, ad eccezione di Corso Europa, il cui limite di velocità considerato è, per i veicoli leggeri, pari a 60 km/h.

I dati di input legati al traffico veicolare, ottenuti dalla campagna di misure, forniscono il numero di veicoli per ora, non distinguendo però tra differenti tipologie di mezzi leggeri. Tuttavia si è deciso di accorpare la percentuale di automobili a quella di motocicli facendole ricadere nella categoria dei veicoli leggeri mentre i veicoli pesanti transitanti sono stati considerati sulla base del passaggio dei mezzi adibiti al trasporto pubblico e sul tasso di occupazione delle spire.

Per quanto riguarda il traffico, oltre al numero di veicoli per ora, il software richiede di definire anche se nei tre periodi del giorno il flusso è scorrevole, congestionato, accelerato o decelerato. Per tutte le sezioni nel tratto in esame il flusso è stato considerato sempre scorrevole.

Altre informazioni richieste riguardano: la tipologia di manto stradale e se ci sono tratti stradali in cui avvengono riflessioni multiple (effetto canyon). Come manto stradale, tra quelli definiti dal software, è stato scelto asfalto liscio; mentre non è stata selezionata la condizione di riflessioni multiple in quanto nel tratto considerato sono già ben definiti i punti dove gli edifici possono generare un effetto canyon.

Dati di input: classificazione degli edifici

L'inserimento e la classificazione degli edifici in base alla destinazione d'uso è stata fatta dopo che è stata definita l'area da mappare.

Nella cartografia fornita dagli uffici tecnici del Comune di Genova gli edifici sono inseriti in un unico layer. Non è presente una specifica distinzione degli edifici sulla base della destinazione d'uso. Pertanto è stato necessario verificare sul campo la reale destinazione d'uso degli edifici.

Sono stati individuati 37 scuole, 5 edifici religiosi, 5 tra ospedali e cliniche e alcuni edifici ad uso prevalentemente commerciale. Il maggior numero di edifici è ad uso residenziale. Diversi edifici hanno una destinazione d'uso mista: commerciale e residenziale; tuttavia nel software è consentito inserirne solo una. A titolo cautelativo è stato scelto di considerare questi edifici come residenziali.

Sulla base delle informazioni richieste dal software, altri dati relativi agli edifici devono essere raccolti, come:



Sopraelevata - Centro - Levante

- il numero di piani;
- l'altezza di ciascun piano;
- l'altezza totale dell'edificio.

Le informazioni inerenti al numero di piani per ogni edificio è stata fatta, ove possibile, attraverso le informazioni contenute nella cartografia resa disponibile. Nel caso di assenza di informazioni, si è effettuata una verifica in loco o tramite servizi di geovisualizzazione online.

Nel software di propagazione sonora svariate sono le destinazioni d'uso degli edifici: edifici principali (residenziali), edifici ausiliari, scuole, ospedali, asili ed edifici di cui non è nota la destinazione d'uso o non può essere classificata all'interno delle altre categorie.

Il calcolo del numero di residenti esposti a differenti livelli di rumore viene fatto unicamente per gli edifici residenziali. Edifici pubblici, ad uso commerciale, di culto sono stati inseriti come edifici ausiliari.

Dati di input: informazioni sulla popolazione esposta

Le informazioni inerenti il numero di persone che vivono all'interno degli edifici residenziali sono state raccolte sulla base di:

- la tipologia di edifici che sono presenti nell'area investigata
- il numero medio di persone che formano un nucleo familiare nei quartieri considerati.

Molti degli edifici che rientrano nell'area da mappare sono stati costruiti durante il boom edilizio degli anni '60. La superficie media degli appartamenti è di circa 80 m².

In generale la città di Genova ha una crescita demografica molto lenta e il numero di persone sopra i 65 anni di età è elevata e i quartieri interessati dal presente studio non risultano rappresentare un'eccezione.

La media dei nuclei familiari è costituita da due persone. Ai fini del calcolo del numero di persone esposte a differenti livelli di rumore, è stato inserito all'interno del modello di calcolo un valore medio di 40 m²/persona.

Dati di input: caratteristiche della superficie del terreno

Secondo le linee guida della Commissione europea in generale si può assumere che in ambito urbano la superficie del terreno sia riflettente mentre in aperta campagna sia assorbente. Si aggiunge inoltre che le caratteristiche del terreno possono essere trascurate per superfici inferiori ai 250 m², le quali abbiano caratteristiche differenti rispetto alle zone circostanti, senza che l'accuratezza del modello venga meno.

Dal momento che l'area d'interesse è inserita in un contesto urbano, il terreno è stato assunto riflettente.

Le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno sono state inserite nel modello di propagazione in campo libero al fine di determinare i confini dell'area di studio.

La superficie stradale viene invece considerata riflettente di default.

Dati in input: informazioni meteorologiche

Essendo richieste anche informazioni inerenti la temperatura, l'umidità, la velocità e la direzione del vento, sono riportati i valori medi mensili di temperatura ed umidità per l'anno 2021.



Tabella 4.3 – Valori medi mensili di temperatura e umidità dell'anno 2021

2021	Temperatura [°C]	Umidità [%]
Gennaio	7.3	68.6
Febbraio	10.9	73.8
Marzo	12.2	60.4
Aprile	13.4	65.0
Maggio	16.4	78.4
Giugno	22.8	74.8
Luglio	24.4	78.8
Agosto	25.0	70.6
Settembre	23.1	68.0
Ottobre	17.5	62.4
Novembre	12.9	69.8
Dicembre	10.0	67.1
Media annua	16.3	69.8

Non è stato possibile raccogliere i dati riguardanti la velocità del vento e la direzione in quanto tali informazioni sono gestite dalle stazioni militari. Pertanto sono stati presi in considerazione i valori di default definiti dal metodo di calcolo NMPB per definire le condizioni favorevoli di propagazione sonora: 50% per il giorno, 75% per la sera e 100% per la notte.

4.3.2 DEFINIZIONE DEI CONFINI DELL'AREA DA INVESTIGARE

I confini di un'area, che deve essere mappata dal punto di vista acustico, per una determinata tipologia di sorgente, vengono definiti sulla base della propagazione sonora della principale sorgente, presa in considerazione. Nelle linee guida fornite dalla Commissione europea viene indicata la procedura consigliata per determinare i confini dell'area, ai fini di realizzare la mappatura acustica della stessa. Per le strade principali, così come per le linee ferroviarie principali, tale procedura è suddivisa in 3 fasi successive:

1^a fase

Creare nel software di propagazione sonora una "situazione di rumore" in cui siano presenti esclusivamente: il DGM, le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno e l'asse stradale della strada principale, dentro il quale sono inserite le caratteristiche della strada e i flussi veicolari.

Una volta definita la "situazione di rumore", sulla base di essa deve essere creato il modello di propagazione sonora. Vista l'assenza di ostacoli verticali, la propagazione sonora sarà in campo libero.

Confrontare l'area racchiusa all'interno della curva di isolivello sonoro $L_{den}=55$ dB(A) e la curva di isolivello sonoro $L_{night}=50$ dB(A) e prendere in considerazione solo la curva di isolivello sonoro che racchiude l'area più grande.

2^a fase

Misurare la distanza più grande "d" tra l'asse stradale e la curva di isolivello sonoro $L_{den}=55$ dB(A) (o $L_{night}=50$ dB(A)).



Sopraelevata - Centro - Levante

Moltiplicare tale distanza “d” per un coefficiente pari a 1.5, ottenendo così la distanza “d₁”.

3^a fase

Disegnare lungo tutto l’asse stradale preso in esame e per ambo i lati una linea posta ad una distanza “d₁” dall’asse stradale. L’area racchiusa da tale linea è l’area che deve essere mappata.

Nel presente studio, a cui è stato data un’impostazione a carattere prevalentemente sperimentale, la procedura qui sopra descritta per la determinazione dei confini dell’area di studio è stata eseguita in parte, per le ragioni che saranno spiegate più avanti.

In dettaglio viene descritta la procedura eseguita per la determinazione dell’area da mappare, relativamente allo studio in esame.

La prima fase è stata fatta in accordo con la procedura suggerita nelle linee guida della Commissione europea.

Nel software è stata creata una “situazione di rumore” in cui erano presenti il DGM, precedentemente calcolato, le caratteristiche di assorbimento acustico del terreno, e la sorgente di rumore principale. Nel presente studio è stato considerato il tratto della Strada Sopraelevata Aldo Moro, in quanto la mappa acustica da realizzare fa riferimento a tale sorgente.

Per la modellizzazione della propagazione sonora in campo libero è stato scelto un reticolo a maglia costante, i cui elementi sono quadrati di lato 10 m. La mappa è stata realizzata ad una quota di 4 m al di sopra del DGM. La configurazione di calcolo per la propagazione sonora è riportata in tabella 4.4.

Tabella 4.4 – Configurazione di calcolo

Angolo d’incremento [°]	7
Ordine di riflessione	1
Profondità di riflessione	1
Raggio di massima ricerca [m]	700
Tolleranza [dB]	0
Pesatura	dB(A)
Diffrazioni laterali	non selezionato

È stato scelto un angolo d’incremento pari a 7° in quanto tale valore è un buon compromesso tra il tempo di calcolo e l’accuratezza.

È stato scelto un ordine di riflessione pari a 1 dal momento che nel modello non sono presenti ostacoli verticali e la propagazione sonora risulta quindi in campo libero.

La profondità di riflessione definisce il numero di potenziali superfici riflettenti che il raggio sonoro “ricercatore” può scavalcare affinché i raggi riflessi possano essere ancora trovati². Dal momento che in questo modello non ci sono ostacoli, è stata scelta una profondità di riflessione pari a 1.



Sopraelevata - Centro - Levante

“Raggio di massima ricerca” stabilisce quanto lontano una sorgente può essere dal ricettore e può ancora contribuire al livello sonoro complessivo in corrispondenza di tale ricettore. Dal momento che l’area è molto ampia è stato scelto di considerare il valore di default pari a 500 m.

Come pesatura è stata scelta la “A” come da Decreto.

Non è stata selezionata la casella “Diffrazioni laterali” in quanto non sono presenti ostacoli verticali in questo modello.

Come metodo computazionale è stato scelto il metodo ufficiale francese NMPB – Routes- 96 come richiede il D.lgs 194/2005.

La distanza tra la sorgente sonora Strada Aldo Moro e le curve di isolivello sonoro $L_{den} = 55$ dB(A) e $L_{night} = 50$ dB(A) varia significativamente lungo l’asse stradale in conseguenza dell’andamento del terreno, che come è stato già più volte detto, è molto variabile. Le curve di isolivello $L_{den} = 55$ dB(A) e $L_{night} = 50$ dB(A) sono quasi a contatto con l’asse stradale in corrispondenze dei punti di maggiore profondità rispetto al terreno circostante.

Dal momento che la zona a sud è meno densamente edificata e si trova ad una quota al di sotto della Strada Aldo Moro mentre la zona a nord ad una quota al di sopra, il rumore che si propaga si estende maggiormente nella zona sud rispetto che nella zona nord.

È stata presa in considerazione l’area sottesa dalla curva di isolivello sonoro $L_{den} = 55$ dB(A) dal momento che essa è più estesa rispetto all’area racchiusa dalla curva di isolivello sonoro $L_{night} = 50$ dB(A).

La seconda e la terza fase della procedura per la determinazione dei confini dell’area di studio non sono state prese in considerazione in quanto nel contesto di studio in esame si ritiene estremamente precauzionale la metodologia definita dalle linee guida da diventare poco efficace per i fini con cui si è proposta. Infatti in un contesto urbano, come quello che si sta analizzando in questo studio, la presenza di ostacoli verticali, come edifici e muri, fa sì che la propagazione sonora non avvenga mai in campo libero, per cui considerare la distanza massima tra l’asse stradale e la curva di isolivello sonoro $L_{den} = 55$ dB(A) è già di per sé una misura cautelativa.

Nel presente studio si è quindi scelto di considerare costanti, rispetto all’asse stradale della sorgente principale, i confini dell’area, come le linee guida suggeriscono. Tale scelta è stata fatta sia per ragioni legate alle caratteristiche del territorio in esame sia per la densità di edificazione a nord della strada stessa.

Si è quindi scelto di considerare una distanza “d” costante, pari a 500 m, tra l’asse stradale e la linea che racchiude l’area di studio. Per mappature acustiche dove la sorgente stradale principale si estende per svariati chilometri si suggerisce infatti di mantenere una distanza “d” costante, perché la morfologia del territorio può cambiare e pertanto è bene generalizzare la metodologia con cui vengono definiti i confini dell’area, prendendo una distanza fissa. Si vuole però suggerire, in base all’esperienza fatta in questo studio, di scegliere la distanza “d” per definire i confini dell’area di studio e non la distanza “d₁”, se la mappatura che deve essere realizzata è riferita ad una sorgente stradale inserita in un territorio urbano densamente edificato.

4.3.3 PREPARAZIONE DEL MODELLO DI PROPAGAZIONE SONORA

Una volta definita l’area per la quale deve essere realizzata la mappatura, sono stati inseriti nel modello anche gli edifici, i muri e la distribuzione della popolazione residente.



Le sorgenti stradali secondarie non sono state prese in considerazione per il presente studio.

Tabella 4.5 – Configurazione di calcolo

Angolo d'incremento [°]	7
Ordine di riflessione	3
Profondità di riflessione	1
Raggio di massima ricerca [m]	700
Tolleranza [dB]	0
Pesatura	dB(A)
Diffrazioni laterali	selezionato
Effetti del terreno a partire dalla superficie stradale	selezionato
Sorgenti date da riflessioni laterali	selezionato

Per la presenza di ostacoli verticali il comando “Diffrazioni laterali” e “Sorgenti date da riflessioni laterali” è stato selezionato.

È stato scelto un ordine di riflessione pari a 3 per ottenere una migliore accuratezza del risultato finale.

4.4 Mappe acustiche

Il D.lgs 194/2005 prevede all'Allegato VI “ Dati da trasmettere alla Commissione”, che per gli agglomerati venga stimato:

- *il numero totale di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: **55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75**, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. (Punto 1.5)*
- *Il numero totale stimato di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{night} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: **50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70**, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. (Punto 1.6)*

Al Punto 1.7 dell'Allegato VI vengono inoltre richieste *le mappe strategiche in forma di grafico*, le quali *devono presentare almeno le curve di livello 60, 65, 70 e 75 dB*.

Mentre al Punto 8 dell'Allegato IV “Requisiti minimi delle mappe acustiche strategiche” si specifica che *per gli agglomerati devono essere tracciate mappe acustiche strategiche distinte per il rumore del traffico veicolare, ferroviario, aereo e dell'attività industriale. Possono essere aggiunte mappe relative ad altre sorgenti di rumore*.

Nel presente studio, che rappresenta il primo passo della mappatura acustica strategica della città di Genova, è stata considerata la sorgente di rumore costituita da Corso Europa e un'area di dimensioni relativamente ridotte. In ogni caso, le mappe acustiche della sorgente sonora presa in esame sono state realizzate seguendo i dettami del D.lgs 194/2005 e i suggerimenti delle linee guida forniti nel 2007 dalla Commissione europea.

*Sopraelevata - Centro - Levante*

Al fine di modellizzare la propagazione sonora della sorgente in esame, la mesh del modello di calcolo è stata posizionata ad una quota di 4 m rispetto alla quota del terreno, secondo come richiesto al Punto 7 dell'Allegato IV del D.lgs 194/2005: *le mappe acustiche strategiche ad uso locale o nazionale devono essere tracciate utilizzando un'altezza di misurazione di 4 m e intervalli di livelli di L_{den} e L_{night} di 5 dB come definito nell'Allegato VI.*

È stato possibile impostare una mesh con elementi della griglia che abbiano i lati di lunghezza uguale o inferiore a 10 m, così come suggerito dalle linee guida. Sulla base di queste indicazioni, la mappa acustica è stata realizzata impostando la tipologia di calcolo e nella tabella 4.8 è riportata la configurazione di calcolo usata per la propagazione sonora del presente studio

Tabella 4.8 – Configurazione di calcolo

Angolo d'incremento [°]	7
Ordine di riflessione	3
Profondità di riflessione	1
Raggio di massima ricerca [m]	700
Tolleranza [dB]	0
Pesatura	dB(A)
Diffrazioni laterali	selezionato
Effetti del terreno a partire dalla superficie stradale	selezionato
Sorgenti date da riflessioni laterali	selezionato
Distanza tra ricettori [m]	10.0
Quota sopra il terreno [m]	4.0
Inserimento di ricettori ad una distanza di 2 m dalla facciata	selezionato
Soppressione delle riflessioni sulle "proprie" facciate	selezionato

Il comando "Inserimento di ricettori ad una distanza di 2 m dalla facciata" è stato selezionato in quanto permette di calcolare le facciate silenziose.

Il comando "Soppressione delle riflessioni sulle "proprie" facciate" è stato selezionato in accordo con il D.lgs 194/2005. È stato inoltre selezionato per posizionare i ricettori in facciata per l'elaborazione delle mappe in accordo con l'Allegato VI del Decreto.

Per la spiegazione degli altri comandi si rimanda al paragrafo 3.3.2.

Le tavole delle mappe acustiche in forma di grafico, come richiesto al Punto 1.7 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005, sono riportate all'Allegato 1 della presente relazione e di seguito brevemente descritte:

Allegato 3 - Tavola 1: mappa acustica in scala 1:5000 in formato grafico in cui vengono riportate le curve di isolivello sonoro 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 e 80 dB(A) del descrittore acustico L_{den} .

Allegato 4 -Tavola 2: mappa acustica in scala 1:5000 in formato grafico in cui vengono riportate le curve di isolivello sonoro 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 e 80 dB(A) del descrittore acustico L_{night} .



Sopraelevata - Centro - Levante

Come colori sono stati utilizzati quelli definiti dalla ISO 1996-2:1987³. Si noti che tale standard è stato sostituito dalla ISO 1996-2:2007, tuttavia questo nuovo standard non definisce i colori delle diverse fasce di livelli di rumore⁴.

Sulla base delle mappe acustiche che sono state elaborate si possono fare le seguenti osservazioni:

- La propagazione sonora del rumore emesso dal tratto stradale considerato è in molti punti ostacolata dalla presenza degli edifici di primo fronte;
- Come per la propagazione in campo libero, anche in questo caso, essa è maggiore sul lato sud rispetto al lato nord della strada;
- Nel tratto di Viale Brigate Partigiane e Viale Brigate Bisagno la propagazione del rumore è maggiore rispetto agli altri tratti poiché gli edifici sono più lontani rispetto alla sorgente.

Attraverso la tipologia di calcolo CNM è possibile inoltre calcolare quanto richiesto ai Punti 1.5 e 1.6 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005. Il software restituisce una tabella in cui viene riportato il numero totale di abitanti esposti ai diversi intervalli di L_{den} e di L_{night} definiti dal Decreto ad una quota di 4 m sopra il DGM.

La tabella elaborata dal software riferita a L_{den} è riportata in tabella 4.9, mentre la tabella riferita a L_{night} è riportata in tabella 4.10.

Il numero totale di persone residenti nell'area considerate nel dominio della simulazione di propagazione acustica è pari a 79.000 unità, valore stimato considerando la popolazione riportata nel report statistico del Comune di Genova, con la situazione al 31 dicembre 2021.






	Livello di rumore – dB(A)	Persone esposte
	55 – 59	5523
	60 – 64	4691
	65 – 69	1738
	70 – 74	1360
	> 75	295

Tabella 4.9 – Distribuzione della popolazione esposta ai livelli di rumore in termine di L_{den}






	Livello di rumore – dB(A)	Persone esposte
	50 – 54	3472
	55 – 59	1611
	60 – 64	1155
	65 – 69	84
	> 70	0

Tabella 4.10 – Distribuzione della popolazione esposta ai livelli di rumore in termini di L_{night}



Sopraelevata - Centro - Levante

Si sono inoltre realizzate delle tabelle riferite alla superficie esposta: in tabella 4.11 è riportata la superficie totale, espressa in km², esposta alle differenti bande di L_{den} e quelle per valori superiore ai 55 e ai 65 dB(A); in maniera analoga, in tabella 4.12 sono riportati i valori di superficie esposta in termini di L_{night}.






	Livello di rumore – dB(A)	Superficie (km ²)
	55 – 59	0.59
	60 – 64	0.36
	65 – 69	0.19
	70 – 74	0.14
	> 75	0.03
	> 55	1.31
	> 65	0.36

Tabella 4.11 – Distribuzione della superficie esposta ai livelli di rumore in termine di L_{den}






	Livello di rumore – dB(A)	Superficie (km ²)
	50 – 54	0.43
	55 – 59	0.21
	60 – 64	0.14
	65 – 69	0.05
	> 70	0.00

Tabella 4.12 – Distribuzione della superficie esposta ai livelli di rumore in termini di L_{night}

Si può osservare da queste tabelle che:

- Per valori di L_{den} superiori a 55 dB(A) la maggioranza della popolazione residente è esposta a livelli di L_{den} compresi tra 55 e 60 dB(A) seguita da quella esposta a livelli di L_{den} compresi tra 60 - 65 dB(A);
- Per valori di L_{night} superiori a 50 dB(A) la maggioranza della popolazione residente è esposta a livelli di L_{night} compresi tra 50 e 55 dB(A) seguita da quella esposta a livelli di L_{night} compresi tra 55 - 60 dB(A);
- 29 edifici ospedalieri sono esposti a valori di L_{den} superiori a 55 dB(A) e 15 a valori di L_{night} superiori a 50 dB(A);
- Solo due edifici dei 37 complessi scolastici è esposto a livelli di L_{den} compresi tra 60 e 65 dB(A).
- Un totale di 70 edifici sono esposti a livelli di L_{den} superiori a 75 dB(A).

Si noti che, se un stesso edificio è composto da più parti con altezze e piani differenti tra loro, il software conteggia ogni singola struttura dell'edificio.



5. Mappatura Acustica Anno 2021

Come specificato all'art. 3 del suddetto Decreto, la mappatura acustica strategica va condotta per gli anni solari 2006 e 2011. In relazione ai risultati conseguiti, l'autorità individuata dalla regione o dalla provincia autonoma elabora e trasmette alla regione od alla provincia autonoma competente, per ogni ambito temporale di studio, i piani di azione e le sintesi di cui all'allegato 6 del D.Lgs. 194/05. I piani d'azione previsti ai commi 1 e 3 recepiscono i piani comunali di risanamento acustico ed i piani regionali triennali di intervento per la bonifica dall'inquinamento acustico adottati ai sensi degli articoli 3, comma 1, lettera i), 10, comma 5, 7 e 4, comma 2, della Legge 26 ottobre 1995, n. 447.

Per ottemperare a tali obblighi il Comune di Genova ha affidato alla società Ingenia S.r.l., spin off dell'Università degli studi di Genova, l'incarico di effettuare l'aggiornamento della mappatura acustica lungo l'asse viario Centro – Ponente, lungo la Strada Sopraelevata Aldo Moro e lungo l'asse viario Centro – Levante, lungo le strade Viale Brigate Partigiane, Viale Brigate Bisagno, Via Tolemaide, Via Invrea, Via Montevideo, Corso Gastaldi e Corso Europa.

Lo studio sopra condotto è stato realizzato facendo riferimento alle condizioni di traffico misurate per l'anno 2021. Dai risultati ottenuti appare lecito pensare che, nonostante la situazione emergenziale Covid-19, i flussi di traffico si siano mantenuti costanti e comunque in linea con quanto rilevato nelle precedenti modellazioni.



6. Conclusioni

La particolare morfologia del territorio ligure ha fatto sì che lo sviluppo urbano della città di Genova assumesse delle caratteristiche proprie, differenti da quelle di molte grandi città sia italiane, sia europee. La caratterizzazione del rumore ambientale, generato dalle principali sorgenti di rumore quali il traffico stradale, ferroviario e aeroportuale, per le peculiari caratteristiche del territorio e dello sviluppo urbano di Genova, risulta pertanto molto complessa.

Con il D.Lgs 194/2005, che recepisce la Direttiva europea 2002/49/CE, sono stati introdotti nuovi strumenti normativi per la pianificazione acustica. In particolare si introduce la Mappatura Acustica Strategica che diviene lo strumento principale per la pianificazione acustica e il controllo del rumore ambientale nei grossi conglomerati urbani, ovvero quelli con numero di abitanti superiore a 250.000. L'obiettivo della presente attività, condotta dallo spin off universitario Ingenia per conto del Comune di Genova - Ufficio Ambiente Igiene Energia - Settore Ambiente, è stato quello di applicare le disposizioni del D.lgs 194/2005 al contesto cittadino in oggetto, partendo dalla caratterizzazione della sorgente stradale Strada Sopraelevata Aldo Moro, considerata la maggiore fonte di fastidio per la popolazione residente.

La mappatura acustica è stata sviluppata utilizzando come metodo di calcolo lo standard CNOSSOS-EU, così come richiesto per il rumore da traffico stradale dal D.lgs 42/2017.

In sintesi, a conclusione della attività condotta, si sono ottenuti i seguenti risultati:

- si è perimetrata e definita l'area da investigare secondo le modalità definite dalle linee guida prodotte dalla Commissione Europea nel documento dal titolo "Position Paper on Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure", redatto nel 2007
- come richiesto al Punto 1.7 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005 si è prodotta la mappa acustica in scala 1:3000 in termini di descrittore acustico L_{den} nella quale sono riportate le curve di livello sonoro 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 e 80 dB(A)
- come richiesto al Punto 1.7 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005 si è prodotta la mappa acustica in scala 1:3000 in termini di descrittore acustico L_{night} nella quale sono riportate le curve di livello sonoro 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 e 80 dB(A)
- si è analizzata l'accuratezza del modello di propagazione mediante il toolkit definito dalla Commissione Europea
- come richiesto al Punto 1.5 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005 si è valutato il numero totale di abitanti esposti ai diversi intervalli di L_{den} definiti dal Decreto
- come richiesto al Punto 1.6 dell'Allegato VI del D.lgs 194/2005 si è valutato il numero totale di abitanti esposti ai diversi intervalli di L_{night} definiti dal Decreto
- è stata riportata l'area totale, in km^2 , esposta alle seguenti bande di valori di L_{den} 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, > 75 dB(A), unitamente alle superfici delle aree in cui i valori di L_{den} risultano maggiori di 55, 65 and 75 dB(A)
- si è valutato il numero di edifici residenziali nella zona di interesse che risultano esposti a specifici valori dei descrittori acustici L_{den} e L_{night}
- si è valutato il numero di scuole nella zona di interesse che risultano esposti a specifici valori dei descrittori acustici L_{den} e L_{night}



Sopraelevata - Centro - Levante

- si è valutato il numero di ospedali nella zona di interesse che risultano esposti a specifici valori dei descrittori acustici L_{den} e L_{night}

I risultati ottenuti identificano la seguente situazione: solo l'1% dell'area oggetto di studio è esposta a livelli di L_{den} maggiori di 75 dB(A) con lo 0% di popolazione esposta al rumore causato dagli assi viari presi in considerazione. Con riferimento al range di L_{den} maggiori di 55 dB(A), la maggior parte della popolazione è esposta a livelli compresi tra 55 e 59 dB(A) con meno dell'1.5% di popolazione esposta. Analogamente, per il descrittore acustico L_{night} , dove solo il 2.4% della popolazione è esposta a valori superiori a 50 dB(A) con meno del 7% di area esposta, mentre circa 56.000 residenti sono esposti ad un valore di L_{night} inferiore ai 35 dB(A).

Si osserva, in conclusione, che un'importante novità introdotta con il D.Lgs 194/2005 riguarda la definizione dei confini dell'area da mappare. Nel D.P.R. 30 marzo 2004, Decreto attuativo della Legge Quadro 447/1995, i confini vengono definiti in base alla tipologia di strada in esame, mentre nel D.Lgs 194/2005, e più specificatamente nelle linee guida fornite dalla Commissione europea, tali confini sono determinati sulla base della propagazione sonora in campo libero della sorgente di rumore in esame. Questo elemento è risultato molto significativo, in quanto ha determinato una diversa perimetrazione dell'area interessata alla mappatura acustica e quindi della popolazione coinvolta nell'analisi.



Bibliografia

- [1] Position Paper on Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure. European Commission Working Group on Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). Versione 2, 13 agosto 2007
- [2] SoundPlan 6.5 User's Manual. Braunstein and Berndt GmbH/SoundPLAN LLC. 2008
- [3] ISO 1996:1987 Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels
- [4] Position Paper on Presenting Noise Mapping Information to the Public. European Commission Working Group on Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). Marzo 2008