



MAPPA ACUSTICA STRATEGICA DELL'AGGLOMERATO DI BARI

(Codice identificativo univoco: AG_IT_00_00001)

AUTORITA' COMPETENTE:

**ARPA Puglia
Direzione Scientifica**

U.O.S. Agenti Fisici

Responsabile tecnico - scientifico: Dott.ssa Anna Guarnieri Calò Carducci

Gruppo di lavoro ARPA Puglia: Dott. Ing. Francesco Cardillo
Dott. Ing. Benedetto Figorito
Dott. Arch. Rocco Di Modugno
Dott. Ing. Gianluca Primavera

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA

Aggiornamento	Riferimento normativo	Descrizione
Rev.1	Marzo 2022	Elaborato ai sensi del D.Lgs.194/05 s.m.i. art.3 c.3

Indice

1	INTRODUZIONE GENERALE.....	4
2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	5
3	DESCRIZIONE DELL'AGGLOMERATO DI BARI	9
4	PROGRAMMI DI CONTENIMENTO DEL RUMORE.....	10
5	METODI DI CALCOLO E MODELLI APPLICATI.....	13
5.1	Mappatura delle infrastrutture stradali comunali e provinciali	14
5.1.1	Organizzazione e gestione dati	14
5.1.2	Classificazione degli assi stradali	17
5.1.3	Monitoraggio del rumore	18
5.1.4	Definizione del metodo di calcolo.....	22
5.1.5	Stima della popolazione esposta.....	31
5.2	Mappatura dei siti di attività industriale e porto.....	32
5.2.1	Individuazione dei siti industriali	32
5.2.2	Il porto di Bari	33
5.2.3	Stima popolazione esposta a sorgenti industriali e porto	34
5.3	Mappatura aeroporto	35
5.3.1	Stima della popolazione esposta al rumore aeroportuale.....	36
5.4	Mappatura delle infrastrutture ferroviarie locali.....	37
5.4.1	Caratterizzazione acustica delle infrastrutture ferroviarie non principali	38
5.4.2	Stima della popolazione esposta.....	43
5.5	Integrazione delle mappature dei gestori.....	43
5.5.1	Mappatura acustica presentata da ANAS	45
5.5.2	Mappatura acustica presentata da Autostrade per l'Italia.....	46
5.5.3	Mappatura acustica presentata da RFI	48
5.5.4	Mappatura acustica presentata da Ferrotramviaria	48
5.6	Incertezza nella predisposizione della mappa acustica strategica.....	49
6	SINTESI DEI RISULTATI	54
6.1	Infrastrutture stradali.....	56
6.2	Infrastrutture ferroviarie	60
6.3	Siti di attività industriale e porto	63
6.4	Aeroporto.....	65
6.5	Esposizione al rumore globale (<i>all sources</i>)	67

7	MATERIALE TRASMESSO.....	71
8	CONCLUSIONI.....	72
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	75

1 INTRODUZIONE GENERALE

La Regione Puglia, in ottemperanza a quanto disposto dal D.Lgs.194/05 del 19/08/2005 *“Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale”* [1], con DGR n. 1009 del 26/06/2007 ha individuato l'ARPA Puglia quale Autorità competente per lo svolgimento delle attività del D.Lgs.194/05 e con DGR n. 1332 del 03/07/2012 e successivamente con DGR n. 729 del 19/05/2020, ha individuato, tra gli altri, il territorio del comune di Bari come agglomerato principale (con popolazione superiore a 100.000 abitanti) da sottoporre a mappa acustica strategica.

Arpa Puglia ha già provveduto alla redazione della Mappa Acustica Strategica (MAS) dell'agglomerato di Bari relativa al primo, al secondo e al terzo ciclo di scadenze definito dal D.Lgs. 194/05 (ultimo riferimento normativo Giugno 2017).

Ai sensi dell'art.3, come modificato dal D.Lgs. n.42 del 17/02/2017 [2], l'aggiornamento della Mappa Acustica Strategica deve essere elaborato e trasmesso alla Regione territorialmente competente entro 31 marzo 2022 e, successivamente, riesaminato e rielaborato in funzione delle necessità, almeno ogni cinque anni.

Il presente documento costituisce la relazione descrittiva contenente una sintesi delle scelte metodologiche adottate nell'ambito dell'aggiornamento quinquennale della Mappa Acustica Strategica dell'agglomerato di Bari riferita alla scadenza 2022.

La presente relazione e la documentazione digitale ad essa allegata è stata elaborata in conformità alle nuove linee guida del Ministero della Transizione Ecologica (d'ora in avanti MiTE) relative alla *“Definizione del contenuto minimo delle relazioni inerenti alla metodologia di determinazione delle mappe acustiche e valori descrittivi delle zone soggette ai livelli di rumore”* [21], e alle *“Specifiche tecniche per la predisposizione e la consegna dei set di dati digitali relativi alle mappature acustiche e alle mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/2005)”* [20], entrambe aggiornate a marzo 2022. Ciò assicura l'ottemperanza ai requisiti minimi di cui all'allegato 4 del D.Lgs. 194/05, nonché agli aggiornamenti normativi intervenuti nell'ultimo quinquennio, meglio descritti nel capitolo successivo.

Gli elaborati della mappa acustica strategica, compreso il presente aggiornamento, sono disponibili per l'informazione del pubblico attraverso le pagine del sito istituzionale di ARPA Puglia (https://www.arpa.puglia.it/pagina2905_mappe-acustiche-strategiche.html).

2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Come “Attuazione della Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione ed alla gestione del rumore ambientale”, il D.Lgs. 194/05 costituisce il riferimento normativo principale sulla base del quale è stato elaborato il lavoro oggetto della presente relazione tecnica. Come noto esso sancisce l’obbligo per gli Enti territoriali competenti e i gestori delle infrastrutture di trasporto di produrre i seguenti elaborati:

- **Mappatura Acustica**, ovvero *“la rappresentazione di dati relativi a una situazione di rumore esistente o prevista in una zona, relativa ad una determinata sorgente, in funzione di un descrittore acustico che indichi il superamento di pertinenti valori limite vigenti, il numero di persone esposte in una determinata area o il numero di abitazioni esposte a determinati valori di un descrittore acustico in una certa zona”* (cfr. lettera o comma 1 articolo 2 del Decreto);
- **Mappa Acustica strategica**, ovvero *“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”* (cfr. lettera p comma 1 articolo 2 del Decreto);
- **Piani di Azione**, ovvero *“i piani destinati a gestire i problemi di inquinamento acustico ed i relativi effetti, compresa, se necessario, la sua riduzione”* (cfr. lettera q comma 1 articolo 2 del Decreto).

I suddetti elaborati costituiscono degli strumenti indispensabili per la prevenzione o la riduzione degli effetti nocivi dell’esposizione al rumore ambientale, compreso il fastidio, contemplando anche l’informazione e la partecipazione attiva del pubblico.

Con l’entrata in vigore del *D.Lgs. 17 febbraio 2017, n. 42 [2]* sono state aggiornate le scadenze temporali previste per i prossimi cicli di consegna delle mappature, come riportato nella tabella seguente.

Soggetto		Predisposizione Mappe Acustiche e Mappe Acustiche Strategiche	Predisposizione Piani d’Azione
Agglomerati urbani	Popolazione > 100.000 ab.	30 giugno 2017 (31 marzo 2022 dal ciclo successivo)	18 luglio 2018 (18 aprile 2023 dal ciclo successivo)

Soggetto		Predisposizione Mappe Acustiche e Mappe Acustiche Strategiche	Predisposizione Piani d'Azione
Infrastrutture stradali	Veicoli/anno > 3 mln	30 giugno 2017 (31 marzo 2022 dal ciclo successivo)	18 luglio 2018 (18 aprile 2023 dal ciclo successivo)
Infrastrutture stradali ricadenti negli agglomerati principali		31 gennaio 2017	18 ottobre 2017
Infrastrutture ferroviarie	Convogli/anno > 30.000	30 giugno 2017 (31 marzo 2022 dal ciclo successivo)	18 luglio 2018 (18 aprile 2023 dal ciclo successivo)
Infrastrutture ferroviarie ricadenti negli agglomerati principali		31 gennaio 2017	18 ottobre 2017
Aeroporti	Movimenti/anno > 50.000	30 giugno 2017 (31 marzo 2022 dal ciclo successivo)	18 luglio 2018 (18 aprile 2023 dal ciclo successivo)
Aeroporti ricadenti negli agglomerati principali		31 gennaio 2017	18 ottobre 2017

Tabella 2.1 – Scadenze temporali previste dal D.Lgs.42/2017

Come già accennato nell'introduzione generale, la mappa acustica strategica deve soddisfare i requisiti minimi di cui all'allegato 4 del D.Lgs.194/05; inoltre, secondo quanto previsto dall'allegato 6 dello stesso Decreto, occorre predisporre i seguenti dati da trasmettere alla Commissione Europea:

- numero totale stimato di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{den} in dB a 4 m di altezza: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale;
- numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che occupano abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di L_{night} in dB a 4 m di altezza: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale.

Il descrittore acustico L_{den} è calcolato secondo la seguente relazione:

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

dove L_{day} , $L_{evening}$ e L_{night} rappresentano ciascuno il livello continuo equivalente ponderato "A", determinato sull'insieme dei rispettivi periodi di riferimento (*diurno*, dalle ore

06:00 alle ore 20:00; *serale*, dalle ore 20:00 alle ore 22:00; *notturno*, dalle ore 22:00 alle ore 06:00) all'interno dell'anno solare precedente a quello della scadenza normativa.

Per anno si intende l'anno di osservazione per l'emissione acustica e un anno medio sotto il profilo meteorologico.

Nel determinare i valori di L_{day} , $L_{evening}$, L_{night} possono essere applicate tecniche previsionali e/o di campionamento statistico, prevedendo il solo suono incidente per i ricettori in facciata, e quindi trascurando il contributo del suono riflesso dalla facciata dell'abitazione considerata.

Il D.Lgs. n. 194/05 è stato ulteriormente modificato a seguito dell'emanazione delle seguenti disposizioni normative a livello europeo:

- La Direttiva (UE) 2015/996 della Commissione del 19 maggio 2015 che stabilisce metodi comuni per la determinazione del rumore a norma della direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio [7] ;
- La Direttiva (UE) 2020/367 della Commissione del 4 marzo 2020, che modifica l'allegato III della Direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda la definizione di metodi di determinazione degli effetti nocivi del rumore ambientale [8];
- La Direttiva delegata (UE) 2021/1226 della Commissione del 21 dicembre 2020 che modifica, adeguandolo al progresso scientifico e tecnico, l'allegato II della Direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda i metodi comuni di determinazione del rumore [9].

Queste ultime due Direttive sono state recepite nell'ordinamento italiano con il Decreto interministeriale 14 gennaio 2022 "*Attuazione della direttiva (UE) 2020/367 della Commissione del 4 marzo 2020, riguardante la definizione di metodi di determinazione degli effetti nocivi del rumore ambientale, e della direttiva delegata (UE) 2021/1226 della Commissione del 21 dicembre 2020, riguardante i metodi comuni di determinazione del rumore*" (GU n.37 del 14/02/2022) [3], che ha modificato/sostituito gli allegati 2 e 3 del D.Lgs. 194/05.

Particolarmente significative ai fini del presente lavoro sono state le modifiche ai metodi comuni di determinazione del rumore: già con la Direttiva 2015/996, che modificava l'allegato II della Direttiva 2002/49/CE, sono stati introdotti i nuovi metodi comuni denominati CNOSSOS-EU, divenuti obbligatori per l'elaborazione delle mappature acustiche a partire dal 31 dicembre 2018. L'allegato II è stato successivamente modificato in alcune parti con l'emanazione della Direttiva delegata 2021/1226.

A completamento del quadro normativo di riferimento giova infine citare le seguenti disposizioni normative comunitarie, utili per la definizione dei formati digitali di scambio con la Commissione Europea:

- Direttiva 2007/2/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 marzo 2007, che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità Europea (INSPIRE);
- Regolamento (UE) 2019/1010 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 5 giugno 2019, che armonizza gli obblighi di comunicazione nella normativa in materia di ambiente;
- Decisione di Esecuzione (UE) 2021/1967 della Commissione dell'11 novembre 2021 che istituisce l'archivio dati obbligatorio e il meccanismo digitale obbligatorio di scambio delle informazioni in conformità della Direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio.

3 DESCRIZIONE DELL'AGGLOMERATO DI BARI

L'agglomerato di Bari, individuato formalmente dalla Regione Puglia attraverso la Determinazione del Dirigente Settore Ecologia n. 298 del 18 giugno 2007, riconfermato prima con DGR n. 1332 del 3 luglio 2012 e poi con ulteriore D.G.R n.729 del 19 maggio 2020, coincide col territorio comunale della città di Bari, così come delimitato dai suoi confini amministrativi. Come detto nell'introduzione, la Regione Puglia, con DGR n. 1009 del 26/06/2007, ha individuato ARPA Puglia quale autorità competente per la predisposizione della mappa acustica strategica e del relativo piano d'azione. Secondo quanto riportato nelle "Specifiche tecniche per la predisposizione e la consegna dei set di dati digitali relativi alle mappature acustiche e alle mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/2005)" - Marzo 2022 [20], l'agglomerato è stato univocamente identificato dal MiTE mediante il codice **AG_IT_00_00001**.

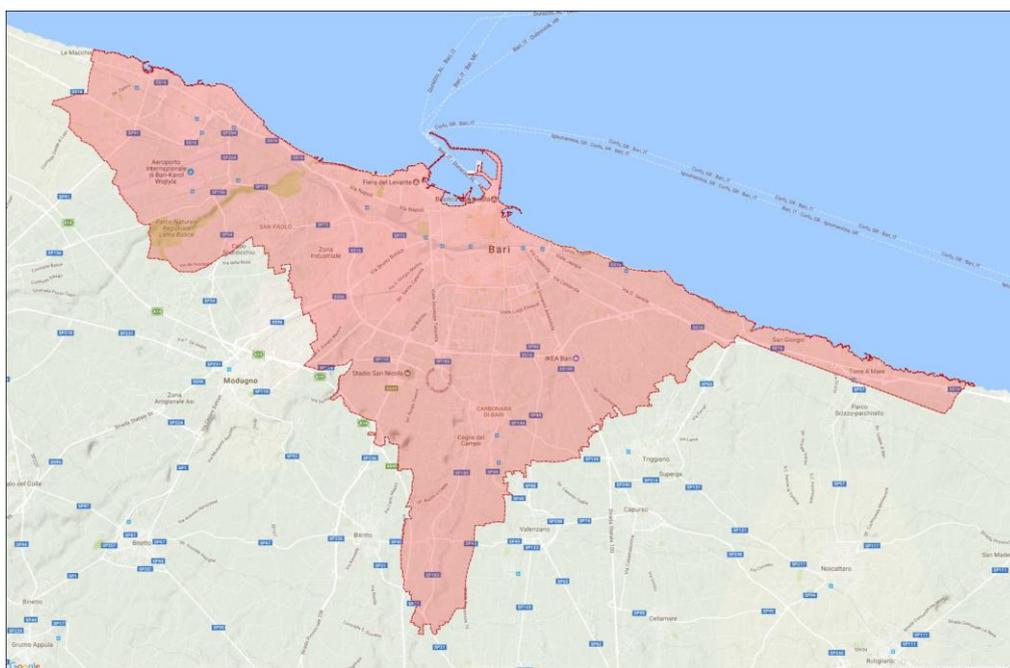


Figura 3.1 – Delimitazione dell'agglomerato di Bari

Il territorio dell'agglomerato si estende per circa 116 km² e interessa 316.227 abitanti (dati ISTAT al mese di Dicembre 2021).

I dati caratteristici delle diverse sorgenti sonore da analizzare ai fini dell'elaborazione della mappa strategica sono:

- ~ 668 km di infrastrutture stradali;
- ~ 83 km di infrastrutture ferroviarie;

- ~ 285 ettari di bacino portuale;
- ~ 15 ettari di infrastruttura aeroportuale;
- ~ 7 insediamenti industriali sottoposti ad A.I.A.

4 PROGRAMMI DI CONTENIMENTO DEL RUMORE

La redazione delle Mappe Acustiche Strategiche è finalizzata alla determinazione dell'esposizione globale al rumore della popolazione a causa delle varie sorgenti presenti nell'agglomerato, strumento propedeutico per l'individuazione delle aree critiche verso le quali indirizzare gli interventi di mitigazione che sono oggetto del successivo Piano di Azione, come previsto dal D.Lgs. 194/05.

Oltre al Piano di Azione, esistono altri strumenti di pianificazione acustica, le cui competenze a livello regionale e locale sono definite dalla Legge Quadro 447/1995. Gli enti interessati dall'attuazione di questi interventi sono principalmente i Comuni e i gestori di infrastrutture di trasporto ricadenti nell'agglomerato.

Per i primi è prevista l'attuazione del Piano di Classificazione Acustica Comunale (ex art. 6, comma 1, lett. a) e il Piano di Risanamento Acustico Comunale (ex art. 7).

Gli enti gestori di infrastrutture di trasporto ricadenti nell'agglomerato sono invece tenuti alla redazione e trasmissione del Piano di Azione ex D.Lgs. 194/05 e del Piano di Contenimento e Abbattimento del Rumore previsto dal D.M. 29/11/2000.

Ad oggi il Comune di Bari non ha ancora provveduto a dotarsi dei piani su richiamati; tuttavia occorre segnalare che nell'ambito della redazione del Piano di Azione dell'agglomerato Arpa Puglia recepisce gli studi messi a disposizione dall'amministrazione comunale che hanno ricadute dirette o indirette sul clima acustico del territorio (es. il Piano Urbano della Mobilità, il Piano Generale del Traffico Urbano, il Piano di Azione dell'Energia Sostenibile, ecc.) [18].

Inoltre con Delibera di Giunta Comunale n.678 del 12/10/2018 il Comune di Bari ha approvato in via definitiva il Piano di Azione, redatto da Arpa Puglia ai sensi del D.Lgs. 194/05 a luglio 2018. Il PdA è stato pubblicato da ARPA Puglia sul proprio sito istituzionale, ottemperando così alla fase di "Informazione e Consultazione al Pubblico", come disposto dall'art.8 del D.Lgs. 194/05.

Il suddetto Piano fornisce una panoramica sui possibili strumenti di risanamento da adottare per far fronte alle criticità acustiche emerse dalla MAS, distinguendo tra interventi da mettere in campo prioritariamente nel breve e medio termine presso quelle aree dove vi è un significativo superamento dei limiti di rumorosità e interventi nel lungo termine per le

restanti aree dove si è riscontrato un superamento di qualsiasi entità. In particolare lo studio comprende un focus sulle prime dieci aree risultate maggiormente critiche in termini di Indice di Priorità, un descrittore derivato dal D.M. 29/11/2000 che tiene conto tanto del superamento del limite quanto del numero di ricettori impattati. Per le suddette aree è stata analizzata la fattibilità sia tecnica che economica degli interventi proposti. Per tutte le altre aree, a cui sono indirizzati interventi nel lungo termine, sono suggerite soluzioni indicative, senza entrare nel merito della loro fattibilità tecnica ed economica.

Nel PdA di Bari sono stati forniti inoltre alcuni spunti relativamente alla gestione del rumore presso le cosiddette *aree silenziose*, definite, secondo le modifiche introdotte dal D.Lgs. 42/2017 come zone, delimitate dall'autorità competente ex D.Lgs. 194/05 e s.m.i., in cui L_{den} o un altro indicatore acustico non superi un determinato valore. Nelle more dell'emanazione del D.M. di cui al comma 10-bis art.4 del D.Lgs. 194/05 e s.m.i., le zone individuate nel Piano sono state le stesse già segnalate in quello precedente, più una nuova area introdotta a seguito del confronto sul tema con il Comune di Bari. In particolare sono state individuate 13 aree tra quelle la cui destinazione d'uso dovrebbe prevedere come requisito fondamentale un giusto grado di comfort acustico, come le aree verdi rese disponibili come dataset in formato shapefile dal comune di Bari sul proprio sito istituzionale, aventi estensione superiore a 10.000 mq ed influenzate dalla presenza nelle vicinanze di importanti arterie stradali.

Nella tabella che segue sono riassunti gli interventi considerati nel PdA, distinguendo quelli suggeriti per il breve-medio termine da quelli indicati nel lungo termine. Per maggiori approfondimenti si rimanda allo studio completo consultabile sul sito istituzionale di Arpa Puglia all'indirizzo https://www.arpa.puglia.it/pagina2906_piani-dazione.html

Tabella 4.1 : Azioni di Risanamento previste per il traffico veicolare in funzione dei superamenti dei descrittori acustici in facciata per i diversi ambiti di intervento

Ambito intervento	Criticità	Orizzonte temporale	Interventi previsti
Aree Critiche dalla 1° alla 10° in classifica in ordine di indice di priorità	Ricettori con $IP > 300$	Breve-Medio termine	<ul style="list-style-type: none"> • Approvazione del Piano di Zonizzazione Acustica Comunale • Posa di pavimentazioni stradali fonoassorbenti e/o sistemi di riduzione della velocità dei veicoli, es. zone "30", impianti di rilevamento della velocità, cartelli di segnalazione, utilizzo di rotoarie, onde verdi semaforiche (<i>interventi alla sorgente</i>) • Installazione di barriere fonoassorbenti (<i>interventi lungo la via di</i>

Tabella 4.1 : Azioni di Risanamento previste per il traffico veicolare in funzione dei superamenti dei descrittori acustici in facciata per i diversi ambiti di intervento

Aree Silenziose	$L_{den} > 47,7$ dB(A)	Breve-Medio Termine	<p><i>propagazione)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sostituzione dei semafori con rotatorie presso gli incroci • Realizzazione di piste ciclabili • Sostituzione degli infissi in facciata (<i>interventi al ricettore, non applicabili alle aree silenziose</i>) • <i>Interventi</i> nel breve termine previsti dal Comune nell'ambito della pianificazione territoriale (es. Piano Triennale delle Opere Pubbliche e Progetto Periferie Aperte)
Aree Critiche dalla 11° posizione in poi in ordine di indice di priorità	<p>Ricettori sensibili con $IP > 0$ e $L_{den} > 47,7$</p> <p>Ricettori residenziali con $IP > 0$ e $L_{den} > 67,7$</p>	Lungo Termine	<ul style="list-style-type: none"> • Sinergia strategica tra i piani di risanamento dell'Amministrazione Comunale e quelli di tutti gli altri settori interessati nella pianificazione e gestione del territorio e dei trasporti (Infrastrutture e Mobilità, Urbanistica ed Edilizia Privata) • Riduzione emissioni sonore dei singoli veicoli • Riduzione delle velocità di percorrenza nel rispetto dei limiti di velocità anche attraverso creazione di zone residenziali a bassa velocità (Zone 30) • Incentivazione e sviluppo della mobilità alternativa (mezzi pubblici, ciclabile, pedonale) • Interventi sul trasporto pubblico: rinnovo del parco veicoli (sostituzione dei mezzi rumorosi di vecchia fattura) e gestione più efficiente della rete • Cambiamento dello stile di guida/comportamento degli abitanti

Per quanto riguarda le infrastrutture ricadenti nell'agglomerato di Bari in carico agli altri enti gestori (ANAS, RFI, Ferrotramviaria, FSE, Autostrade per l'Italia) le misure di mitigazione preventivate, laddove presenti, sono quelle riferite ai rispettivi Piani di Azione e/o Piani di Contenimento ed Abbattimento del Rumore prodotti ai sensi del D.M. 29/11/2000. Si riassumono di seguito gli interventi proposti e si rimanda ai Piani di ciascun gestore per ulteriori approfondimenti:

- ANAS S.p.a: stesa di asfalti fonoassorbenti, posa di barriere fonoassorbenti, interventi diretti al ricettore lungo alcuni tratti della SS16 e della SS 96;
- RFI: Installazione di barriere fonoassorbenti per un totale di circa 13,5 Km e n.13 interventi diretti al ricettore su varie tratte comprese all'interno dell'agglomerato;
- FERROTRAMVIARIA: nel proprio piano di azione il gestore ha individuato un tratto critico in prossimità dell'intersezione tra Corso Italia e via Martiri d'Otranto in Bari dove è prevista la specchiatura del muro di confine dell'area di sedime dell'infrastruttura;
- FERROVIE del SUD EST: non sono previsti nuovi interventi rispetto a quanto già attuato nell'ambito del D.M. 29/11/2000 (barriere fonoassorbenti di altezza pari a 5 metri per una lunghezza complessiva di 170 m);

- Autostrade per L'Italia non ha previsto interventi all'interno dell'agglomerato di Bari.

Relativamente all'infrastruttura aeroportuale occorre segnalare che, con prot. n. 69858 del 26/06/2018 la commissione aeroportuale di cui all'art.5 del D.M. 31/10/1997 ENAC ha comunicato l'approvazione della zonizzazione acustica dell'aeroporto "Karol Wojtyla" di Bari, sulla base della documentazione sottoposta da Aeroporti di Puglia alla Commissione aeroportuale di cui all'art.5 del D.M. 31/10/1997.

5 METODI DI CALCOLO E MODELLI APPLICATI

Come indicato in premessa, la mappa acustica strategica e le relative mappature acustiche dell'agglomerato di Bari riferite alla scadenza normativa del 2017, sono state sottoposte ad un riesame, volto ad aggiornare gli elaborati, alla luce di possibili variazioni nei dati di input utilizzati per la modellizzazione delle sorgenti sonore nonché degli aggiornamenti normativi intercorsi nell'ultimo quinquennio. In proposito, occorre evidenziare che, rispetto alle precedenti fasi di mappatura acustica, nel modello di simulazione, per tutte le sorgenti è stato adottato il nuovo metodo comune di determinazione del rumore denominato CNOSSOS-EU, introdotto dalla Direttiva 2015/996 e successivamente modificato dalla Direttiva delegata 2021/1226.

Per ognuna delle sorgenti di rumore modellizzate è stata quindi verificata l'eventuale variazione della relativa incidenza sul clima acustico in ambito urbano attraverso campagne di monitoraggio fonometrico di controllo e/o attraverso l'integrazione e l'aggiornamento dei dati di ingresso al modello.

In particolare, dopo un richiamo delle fasi metodologiche del lavoro, già adottate in occasione del precedente ciclo di mappatura e qui aggiornate con i nuovi dati di input oltre che con i nuovi metodi di calcolo, nei prossimi paragrafi verranno presentati i risultati delle mappature aggiornate. Nello specifico:

1. Mappatura acustica delle infrastrutture stradali di competenza del *Comune di Bari* e della *Città Metropolitana di Bari*;
2. Mappatura acustica dei siti di attività industriale, compreso il porto;
3. Mappatura acustica dell'aeroporto di Bari "Karol Wojtyla";
4. Mappatura delle ferrovie locali;
5. Integrazione delle mappature acustiche pervenute dagli enti gestori e realizzazione della Mappa Acustica Strategica dell'agglomerato di Bari.

5.1 Mappatura delle infrastrutture stradali comunali e provinciali

La rete stradale compresa nell'agglomerato di Bari presenta differenti tipologie di infrastrutture, dal piccolo vicolo della città vecchia al tratto autostradale, caratterizzate da notevoli diversità, sia da un punto di vista di competenze e gestione, che relativamente ai flussi di traffico e all'emissione acustica.

Per la determinazione dei descrittori L_{den} ed L_{night} e la conseguente elaborazione delle mappature aggiornate delle infrastrutture stradali si è proceduto nuovamente attraverso la modellizzazione acustica effettuata tramite il programma di calcolo previsionale CadnaA, tarato in base ai nuovi rilievi di rumore sul campo. Come già esplicitato in precedenza, il rumore prodotto dalle infrastrutture stradali è stato determinato con il metodo CNOSSOS-EU. In fase di modellizzazione sono stati eseguiti due calcoli: uno relativo ai livelli di rumore in facciata agli edifici, escludendo la riflessione della facciata stessa, e l'altro su una griglia di punti ricettori con passo di 5 metri per i descrittori L_{den} e L_{night} ; in entrambi i casi i punti prescelti per il calcolo sono stati posizionati ad un'altezza dal suolo pari a 4 m.

Il lavoro di aggiornamento ha pertanto riguardato tutte le fasi del lavoro già affrontate per la precedente mappatura, ovvero:

- organizzazione e gestione dei dati;
- classificazione degli assi stradali;
- monitoraggio del rumore;
- definizione del metodo di calcolo;
- stima della popolazione esposta.

5.1.1 Organizzazione e gestione dati

La prima fase di lavoro è consistita nella raccolta ed organizzazione dei dati disponibili per il Comune di Bari e nella loro validazione ai fini della predisposizione della mappa acustica delle strade.

Poiché la stima dei livelli sonori avviene attraverso l'utilizzo di un modello di calcolo previsionale, la qualità del risultato finale, ossia del valore di livello sonoro al ricettore, dipende strettamente dalla tipologia di dati di input inseriti nel modello.

La differente tipologia di dati a disposizione può determinare la necessità di esecuzione di specifiche campagne di misura e sopralluoghi sul campo (per esempio la conoscenza o meno dei flussi di traffico e delle velocità, della pavimentazione della strada, dell'altezza degli edifici, ecc...).

Tutti i dati sono stati gestiti ed organizzati mediante l'utilizzo di sistemi GIS.

5.1.1.1 Dati relativi alla popolazione

Il D.Lgs.194/05 prevede la valutazione del numero di persone esposte al rumore entro specifici intervalli di livello sonoro. Come già descritto negli elaborati tecnici della precedente Mappa Strategica, si è partiti dagli ultimi dati di popolazione disponibili in forma disaggregata (per sezione di censimento), ovvero quelli pubblicati dall'ISTAT relativi all'ultimo censimento popolazione del 2011. In ambiente GIS a ciascuna sezione è stato assegnato il numero di abitanti 2011 e successivamente tale numero è stato aggiornato in funzione della presenza di nuovi edifici e della destinazione d'uso ipotizzata per gli stessi, normalizzando poi il valore complessivo sull'ultimo dato aggregato reso disponibile per il comune di Bari dall'ISTAT sul proprio sito istituzionale (dati aggiornati al mese di dicembre 2021 pubblicati all'indirizzo <http://dati.istat.it/#> nella sezione *Popolazione residente – bilancio > dati mensili*).

5.1.1.2 Dati di tipo geometrico per la costruzione del modello acustico

I dati di tipo geometrico sono stati utilizzati per realizzare una adeguata modellizzazione della porzione di territorio da analizzare. Come dato di partenza è stata utilizzata la Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:5.000 aggiornata all'anno 2006, resa disponibile dal Servizio Cartografico della Regione Puglia (<http://www.sit.puglia.it/>).

In occasione della revisione quinquennale della MAS di Bari gli ultimi dati già sottoposti ad aggiornamento in occasione del precedente ciclo di mappatura, sono stati ulteriormente aggiornati tramite l'interpretazione delle ultime ortofoto/foto panoramiche di google maps rese disponibili sul web.

Il sistema di riferimento utilizzato per l'intero studio è stato ETRS89-GRS80 (European Terrestrial Reference System 1989), come richiesto dalle specifiche tecniche elaborate dal MiTE [20].

Successivamente sono state eseguite delle elaborazioni in ambiente GIS, come descritto nel seguito.

Modello digitale del terreno

Per la costruzione del modello digitale del terreno sono stati utilizzati i tematismi CTR delle curve di livello, dei punti quotati, nonché di altri oggetti cartografati con relativa quota assoluta. A partire da questi in ambiente GIS è stata realizzata una nuova copertura costituita da polilinee 3D, idonea all'importazione nel modello di calcolo. Nell'elaborazione

è stata posta particolare attenzione alla presenza di forti discontinuità piano altimetriche delle sorgenti di rumore (ad esempio la presenza dei cavalcavia o di ponti in corrispondenza di lame) e del terreno circostante.

Aree assorbimento del terreno

Utilizzando il quarto livello “CORINE LAND COVER” aggiornato al 2011 dell’uso del suolo del 2006, dato reso disponibile dal Servizio Cartografico della Regione Puglia (<http://www.sit.puglia.it>), è stato creato uno specifico shapefile di tipo poligonale per l’attribuzione dei coefficienti di assorbimento acustico. Il dato geometrico è stato utilizzato all’interno del software di simulazione acustica importandolo come aree “Assorbimento del terreno” ed assegnando a ciascuna di esse il proprio coefficiente (cfr. par. 5.1.4.2).

Edifici

Si tratta del livello tematico poligonale codificato nella CTR con la descrizione “Edificio civile”. Sempre in ambiente GIS sono stati individuati gli edifici utili ai fini della modellizzazione acustica, escludendo ad esempio tettoie, baracche, pensiline etc. aventi area inferiore a 20 mq. Successivamente i poligoni sono stati suddivisi in base alle polilinee codificate come “dividente edificio civile”, e a ciascuno, come altezza, è stata attribuita la differenza tra la quota in gronda e la quota al piede edificio. I poligoni senza indicazione di quota sono stati accorpati a quelli adiacenti aventi maggiore contiguità rispetto agli altri (ovvero avente in comune la porzione maggiore di perimetro).

I dati planimetrici sono stati aggiornati attraverso l’interpretazione delle ultime ortofoto rese disponibili tramite il servizio WMS dal sito del Servizio Cartografico della Regione Puglia http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cartografie_tecniche_tematiche/WMS. Inoltre sono state estratte informazioni altimetriche dai rilievi LiDAR del 2008/2009 del MATTM (attuale MiTE) nelle aree di studio dove la copertura è presente.

Per quanto riguarda l’assegnazione della popolazione ad ogni edificio, è stato applicato il “caso 1B” del metodo suggerito dal paragrafo 2.8 dell’allegato II della Direttiva 2002/49/CE (come modificato dalla Direttiva delegata 2021/1226), che utilizza la densità volumetrica di popolazione: per ogni sezione di censimento è stato calcolato il volume totale degli edifici a destinazione d’uso residenziale e quindi la densità di popolazione, dividendo il numero di abitanti della sezione (aggiornamento al 2021 come descritto nel paragrafo 5.1.1.1) per il volume totale della sezione stessa; ad ogni edificio è stata assegnata la popolazione residente, moltiplicando il volume del singolo edificio per la densità calcolata per la sezione di censimento di appartenenza. Il dato così ottenuto è

stato arrotondato all'intero immediatamente superiore e quindi, per ogni sezione di censimento, è stata effettuata la normalizzazione sul dato globale di popolazione.

Strade

A partire dalla CTR e/o dalle ortofoto disponibili, in ambiente GIS è stato digitalizzato il grafo stradale necessario per la modellizzazione acustica stradale del territorio comunale. Per ogni infrastruttura sono stati rappresentati archi e nodi in maniera semplificata, prestando particolare attenzione al rispetto delle distanze relative sorgente-ricettore, e alle indicazioni riportate nella *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure - Version 2, 13 August 2007* predisposta dal gruppo di lavoro WG-AEN della Commissione Europea (d'ora in avanti GPG) [10]. Agli archi principali sono associati i rispettivi toponimi, nonché la corretta indicazione altimetrica ricavata dal DTM descritto in precedenza.

Anche in questo caso, tramite la consultazione di ortofoto/foto aeree disponibili sul web, è stata verificata la presenza di nuovi assi stradali, successivamente digitalizzati in ambiente GIS nella loro corretta posizione plano-altimetrica.

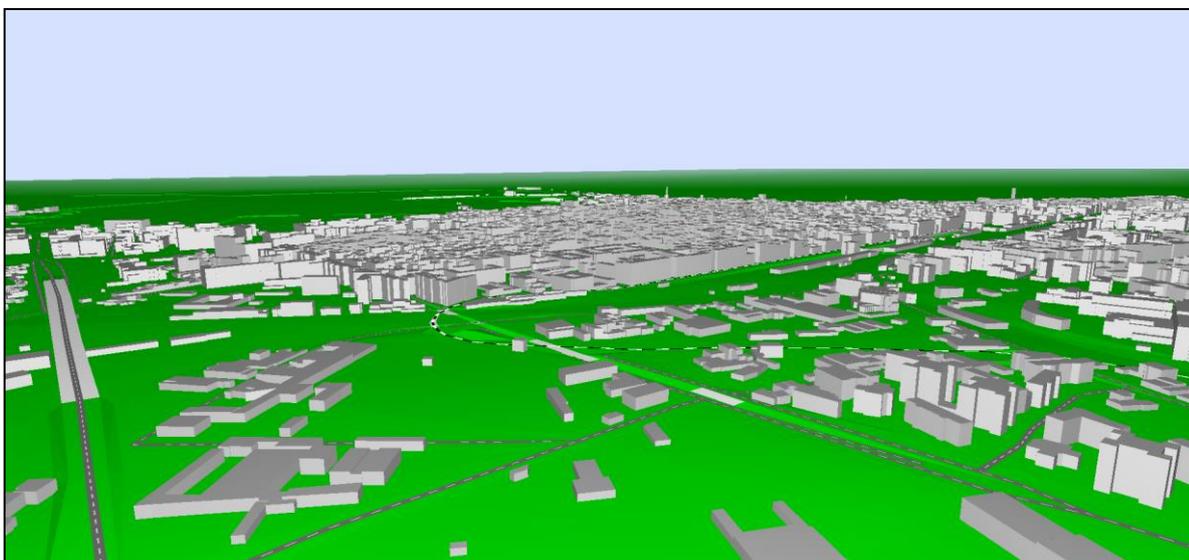


Figura 5.1 – Ricostruzione tridimensionale dell'agglomerato di Bari all'interno del software di simulazione acustica

5.1.2 Classificazione degli assi stradali

In occasione della precedente mappatura la caratterizzazione della rumorosità prodotta dalle sorgenti stradali aveva previsto un lavoro preliminare di classificazione di

ogni asse, tenendo conto delle caratteristiche emissive dal punto di vista acustico (larghezza strada, distanza dagli edifici, manto stradale, caratteristiche del traffico stradale, etc.) e dell'assetto territoriale nel quale le strade sono inserite. Nello specifico tutte le strade erano state suddivise in categorie omogenee dal punto di vista acustico, ed a ciascuna di esse era stata attribuita la potenza acustica ricavata per la categoria di appartenenza. A partire dalle informazioni disponibili, l'intero stradario era stato suddiviso in cinque categorie di flussi di traffico:

- 1 – elevato;
- 2 – medio;
- 3 – ridotto;
- 4 - scarso
- 5 – trascurabile.

Nell'ambito del presente studio è stata utilizzata la medesima metodologia, avendo valutato l'opportunità di una riclassificazione parziale a fronte delle eventuali variazioni nelle caratteristiche emissive degli assi stradali degli ultimi cinque anni, la cui entità è stata verificata dapprima tramite un'analisi con gli strumenti cartografici disponibili in rete (Google Maps, Google earth, Openstreet Map) e poi attraverso una campagna di monitoraggio di breve durata (almeno 24 ore) sia presso alcuni dei punti già monitorati nella precedente mappatura sia presso nuovi ricettori, allo scopo di verificare la variazione di rumorosità degli assi stradali ed aggiornare eventualmente i valori di potenza acustica assegnati a ciascuna classe.

5.1.3 Monitoraggio del rumore

Per le misure sono state utilizzate 5 centraline di monitoraggio del tipo rilocabile, ciascuna avente le seguenti principali caratteristiche:

- Fonometro integratore in classe 1, marca SVANTEK, completo di:
 - Preamplificatore microfónico SV 17;
 - Microfono in campo libero da ½" (G.R.A.S. 40AE) prepolarizzato;
 - Filtri real time 1/1, 1/3 d'ottava (20 Hz – 20 kHz);
- Valigetta a tenuta ermetica completa di batteria da 33 Ah (autonomia di almeno 10 giorni), mod. SV211C;
- Cavo prolunga da 10 m tra preamplificatore e valigetta a tenuta ermetica;

- Kit di protezione per preamplificatore e microfono per misure in esterno, mod. SA 205;
- Palo telescopico completo di supporto treppiede, marca Manfrotto, mod. Black Alu Super Stand;
- Calibratore in classe 1, mod. SV31 – livello 114 dB, frequenza 1000 Hz.

Le misure sono state eseguite alla presenza di:

- dott. ing. Francesco Cardillo – tecnico competente in acustica ambientale (Attestato di riconoscimento della Provincia di Bologna – Servizio Amministrativo Ambiente, prot. n. 207562 del 14/07/2006) – numero iscrizione ENTECA 5849;
- dott. ing. Gianluca Domenico Primavera – tecnico competente in acustica ambientale (Determina Dirigenziale n. 435 del 10/07/2009 - Servizio Ambiente - Provincia di Bari) – numero iscrizione ENTECA 6491;
- dott. ing. Benedetto Figorito – tecnico competente in acustica ambientale (Determina Dirigenziale n. 4880 del 20/09/2016 - Servizio Edilizia Impianti Termici – Città Metropolitana di Bari) – numero iscrizione ENTECA 6591;
- dott. arch. Rocco di Modugno – tecnico competente in acustica ambientale (Determina Dirigenziale n. 2427 del 05/05/2017 – Città Metropolitana di Bari) – numero iscrizione ENTECA 6615.

Tutte le misure effettuate sul territorio comunale hanno avuto durata pari a uno o più giorni, e sono state realizzate collocando lo strumento di misura su balconi, lastrici solari o cortili prospicienti i tratti stradali da monitorare. Nella quasi totalità dei casi i rilievi sono stati eseguiti presso i cortili delle scuole in gestione al Comune di Bari, a seguito di specifico accordo con lo stesso.



Figura 5.2 – Rilievo a breve termine eseguito in Via Peucetia

Il livello sonoro misurato è il livello equivalente di pressione sonora ponderato “A”, con un tempo di campionamento pari a 1 secondo, costante di tempo “fast”, acquisizione dei principali livelli percentili (L₁₀, L₅₀, L₉₀, L₉₅, L₉₉). Inoltre, per ogni strumento è stato impostato un livello di soglia (trigger), superato il quale è stata acquisita la registrazione audio degli eventi sonori, al fine di individuare la presenza di eventi anomali durante la misura (ad es. sirene dei mezzi di soccorso o di antifurti, latrare di cani, schiamazzi, rumore introdotto dal passaggio di treni, etc.). All’inizio e alla fine di ciascuna misura è stata eseguita la calibrazione dello strumento, per la verifica del corretto funzionamento della strumentazione secondo quanto raccomandato dal D.M. 16/03/1998 [5] (differenza tra i due fattori di calibrazione inferiore a 0,5 dB).

Le misure sono state pianificate in modo da verificare la variazione di rumorosità degli ultimi cinque anni presso i punti già monitorati nella precedente mappatura, conservando così la stessa distribuzione spaziale e la stessa tipologia di classi acustiche. Per le strade di categoria 5 (traffico trascurabile), in analogia alla precedente mappatura, non sono state eseguite misure poiché la loro rumorosità non incide in alcun modo sull’esposizione della popolazione agli intervalli di livello sonoro richiesti dalla END.



Figura 3.3 – Distribuzione dei punti di indagine fonometrica per l'aggiornamento della MAS dell'agglomerato di Bari

Al termine della fase di monitoraggio i dati acquisiti dalle centraline sono stati post-elaborati, al fine della loro validazione. In particolare, sono state eliminate le porzioni di misura comprendenti eventi atmosferici non ammessi per le misure fonometriche ex D.M. 16/03/1998 [5] (presenza di pioggia, vento superiore a 5 m/s, etc.), nonché eventi sonori anomali. Quindi sono stati ricavati i livelli relativi ai tre periodi di riferimento L_{day} , L_{eve} , L_{night} , nonché L_{den} .

Nel caso di misure aventi durata maggiore di 24 ore i livelli calcolati derivano dalle medie logaritmiche ricavate nei diversi giorni per ciascuna delle tre fasce orarie.

In totale i rilievi a breve termine effettuati sono stati 40, i cui risultati sono riportati nella Tabella 5.1.

Codice misura	Ubicazione	Categoria	L_{day} [dB(A)]	L_{eve} [dB(A)]	L_{night} [dB(A)]	L_{den} [dB(A)]
BA_01_BT	Viale Japigia	1	66,1	63,7	57,6	66,9
BA_02_BT	Via Peucetia	1	65,5	63,9	58,7	67,1
BA_03_BT	Corso Trieste	1	66,7	66,5	61,6	69,4
BA_04_BT	V.le Europa	1	66,5	66,4	63,1	70,2
BA_05_BT	Via Brigata Regina	1	65,6	64,0	60,9	68,3
BA_06_BT	Corso Vittorio Emanuele	1	64,8	64,4	61,0	68,2
BA_07_BT	Viale Kennedy	1	63,4	61,9	56,5	65,0
BA_08_BT	Via G. Petroni	1	66,6	65,1	59,4	68,1
BA_09_BT	Viale Einaudi	2	62,4	60,4	56,6	64,5
BA_10_BT	Via Fanelli	2	64,1	62,2	59,6	67,0
BA_11_BT	C.so A. de Gasperi	2	62,3	58,6	53,8	63,0

Codice misura	Ubicazione	Categoria	L _{day} [dB(A)]	L _{eve} [dB(A)]	L _{night} [dB(A)]	L _{den} [dB(A)]
BA_12_BT	Via La Forgia	2	61,0	59,9	55,3	63,3
BA_13_BT	Via Garrone	2	62,2	60,7	55,6	64,0
BA_14_BT	Via Benedetto Croce	2	61,1	60,9	55,6	63,6
BA_15_BT	Via Napoli	2	61,9	59,7	56,4	64,1
BA_16_BT	Via Re David	2	62,4	60,7	55,8	64,2
BA_17_BT	Strada S.Girolamo	2	67,3	67,1	63,1	70,6
BA_18_BT	Via Bari	2	63,0	61,8	57,6	65,4
BA_19_BT	Via N.Costa	2	65,5	65,6	61,2	68,7
BA_20_BT	Via Lazio	2	65,7	64,9	59,9	67,9
BA_21_BT	Via Timavo	2	62,3	59,7	55,4	63,8
BA_22_BT	Via A.Manzoni	2	63,4	62,5	56,1	64,9
BA_23_BT	Via Ospedale di Venere	2	66,0	64,5	59,8	67,9
BA_24_BT	Strada Vassallo	2	63,4	64,0	58,1	66,1
BA_25_BT	Via Lembo	3	57,4	54,5	49,3	58,3
BA_26_BT	Via Colella	3	57,9	57,5	55,9	62,5
BA_27_BT	Piazza Romita	3	58,0	56,6	53,4	60,9
BA_28_BT	Via Lombardia	3	58,4	55,6	49,3	58,9
BA_29_BT	Via Bartolo	3	64,2	62,2	58,3	66,5
BA_30_BT	Via Ranieri	3	56,3	55,3	48,8	57,7
BA_31_BT	Via Volpe	3	58,0	56,9	49,8	59,1
BA_32_BT	Via Signorile	3	58,0	55,0	51,7	59,8
BA_33_BT	Via Pepe	4	56,3	53,8	47,9	57,1
BA_34_BT	Via Pietro Sette	3	54,1	51,5	49,1	56,6
BA_35_BT	Viale Accolti Salvati	4	58,6	54,4	46,4	58,1
BA_36_BT	Via degli Alfaraniti	4	55,0	53,5	48,7	56,9
BA_37_BT	Via Cassala	4	54,1	53,1	50,6	57,7
BA_38_BT	Via Catanzaro	4	53,7	50,5	47,0	55,2
BA_39_BT	Via Novara	4	58,3	56,3	50,7	59,5
BA_40_BT	Via Toscana	4	58,2	53,8	48,2	58,3

Tabella 5.1 – Risultati della campagna di misure a breve termine

Alla luce dei risultati dei nuovi rilievi eseguiti, sono stati riclassificati alcuni assi stradali e riassegnati i valori di potenza sonora alle classi acustiche di riferimento degli assi stradali, nonché ricalcolate le medie per ogni categoria di strade, adottando la metodologia descritta nei successivi paragrafi.

5.1.4 Definizione del metodo di calcolo

Per il calcolo dei livelli di rumore richiesti dalla normativa è stato impiegato il software CadnaA aggiornato alla versione 2022 - build:189.5221 (rilasciato a marzo 2022), sviluppato dalla DataKustik GmbH che implementa, tra gli altri, il metodo di comune di

calcolo CNOSSOS-EU descritto, relativamente al rumore stradale, al paragrafo 2.2 dell'allegato II della Direttiva 2002/49/CE e s.m.i.

Al fine di aggiornare le mappature relative alle infrastrutture stradali, dopo aver verificato ed eventualmente aggiornato i dati geometrici e/o emissivi di input al modello, come già descritto, è stato costruito il modello di simulazione all'interno del software di previsione acustica attraverso le seguenti fasi:

- a. Importazione delle polilinee 3D per la creazione del DTM;
- b. Importazione delle aree di assorbimento del terreno
- c. Importazione edificato;
- d. Importazione assi stradali;
- e. Importazione punti di monitoraggio
- f. Impostazione dei parametri di calcolo
- g. Calcolo della potenza sonora degli assi stradali
- h. Calcolo dei descrittori acustici

5.1.4.1 Importazione delle polilinee 3D per la creazione del DTM

Le polilinee 3D create in ambiente GIS (cfr. paragrafo 5.1.1.2) sono state importate in CadnaA sotto forma di shapefile ed assegnate alla categoria "curve di livello". Successivamente sono stati importati gli shapefile relativi ai ponti (poligoni 3D, preventivamente creati in ambiente GIS) ed assegnati alla categoria "ponti".

Al termine di questa fase CadnaA ha generato un suo modello del terreno di tipo TIN (Triangulated Irregular Network), successivamente verificato mediante le viste "3D-special" del software.

5.1.4.2 Importazione delle aree di assorbimento del terreno

In fase di aggiornamento delle mappature è stato migliorato il livello di dettaglio del modello previsionale, con conseguente maggiore rappresentatività dello stesso, andando a differenziare il territorio in base al grado di assorbimento del terreno, rappresentato dal cosiddetto Ground Factor (G).

Per tenere conto di questo aspetto è stato creato uno specifico shapefile sotto forma di poligoni, a cui è stato assegnato un valore di G variabile da 1 (per le superfici soffici altamente assorbenti) a 0 (per quelle dure e compatte ovvero scarsamente assorbenti). L'elemento vettoriale è stato quindi importato nel modello e integrato di conseguenza nell'algoritmo di calcolo.

5.1.4.3 Importazione edificato

Gli edifici 3D elaborati come descritto in precedenza (cfr. paragrafo 5.1.1.2) sono stati importati in formato shapefile ed assegnati alla categoria “edifici”. In questo modo ogni edificio si è posizionato sul DTM, ciascuno con la sua altezza corretta, l’informazione relativa alla destinazione d’uso e, nel caso residenziale, il numero di abitanti ad esso corrispondente. Relativamente alle caratteristiche acustiche, ad ogni edificio è stato assegnato un coefficiente di assorbimento α pari a 0.37 (corrispondente ad una perdita per riflessione di 2 dB), valore di default riferito ad una tipica facciata “complessa” con balconi e sporgenze. Anche in questo caso, al termine dell’importazione, è stato eseguito un controllo tramite le viste “3D-special”.

5.1.4.4 Importazione assi stradali

L’intero grafo stradale è stato importato nel modello di simulazione ed associato alla categoria “strade”. Automaticamente tutti gli assi si sono collocati nella corretta posizione plano-altimetrica.

In prima battuta agli assi stradali non è stato assegnato alcun valore di potenza emissiva né di flussi di traffico. In questa fase ci si è limitati al controllo tridimensionale dei vari assi mediante le viste “3D-special”, ponendo attenzione alle situazioni particolari (ad es. in corrispondenza di ponti, sottopassi, strade in rilevato, etc.) e correggendo eventuali errori.

5.1.4.5 Importazione punti di monitoraggio

Lo shapefile dei punti in cui sono state eseguite le misure è stato importato in CadnaA ed assegnato alla categoria “ricettori”. Ad ogni punto sono stati associati i valori rilevati strumentalmente per le tre fasce giorno, sera e notte. In ambiente CadnaA è stata corretta la posizione relativa ricettore-facciata dell’edificio, nonché la quota rispetto all’asse stradale più vicino. Ancora una volta è stata verificata la corretta ubicazione di ogni punto utilizzando le viste “3D-special”.

5.1.4.6 Impostazione dei parametri di calcolo

I parametri di calcolo impostati all’interno del software CadnaA sono di seguito riportati:

Parametro	Valore
Algoritmo di calcolo utilizzato (rumore stradale)	CNOSSOS-EU
Errore massimo tollerato [dB]	0.5
Massimo raggio di ricerca intorno alla sorgente [m]	1000
Minima distanza sorgente-punto di immissione [m]	0
Partizione della sorgente – fattore di reticolo	0.5
Massima lunghezza sezione [m]	500
Minima lunghezza sezione [m]	5
Assorbimento del suolo G	0.5
Massimo ordine di riflessione	1
Riflessioni – raggio di ricerca attorno a sorgente [m]	10
Riflessioni – massima distanza sorgente-immissione [m]	100
Riflessioni – minima distanza immissione-sup. riflettente [m]	0

In merito alla configurazione dei parametri meteo sono stati utilizzati quelli predefiniti suggeriti dalla GPG [10] ovvero:

Periodo	Probabilità media annua di condizioni
Giorno	50% di condizioni favorevoli alla propagazione
Sera	75% di condizioni favorevoli alla propagazione
Notte	100% di condizioni favorevoli alla propagazione

Per ogni punto ricevitore sono stati calcolati i descrittori L_{day} , L_{night} , $L_{evening}$ ed L_{den} . Per l'effettuazione del calcolo, la giornata è stata suddivisa nei seguenti periodi di riferimento:

- periodo di riferimento diurno: 14 ore, dalle ore 6.00 alle ore 20.00;
- periodo di riferimento serale: 2 ore, dalle ore 20.00 alle ore 22.00;
- periodo di riferimento notturno: 8 ore, dalle ore 22.00 alle ore 6.00.

I parametri di calcolo del software di simulazione sono stati utilizzati sia nella fase di valutazione della potenza sonora di singoli assi stradali, sia nel calcolo delle mappe acustiche su una griglia di punti. Nel calcolo dei livelli sonori in facciata degli edifici l'unico parametro variato è stato "*Riflessioni - massima distanza immissione-sup. riflettente*", in cui è stato inserito un valore pari ad 1 metro. In ottemperanza a quanto previsto dalla normativa, ciò consente di valutare la rumorosità sui punti ricettori in facciata ignorando il contributo derivante dalla riflessione sulla facciata stessa, ma considerando la riflessione su altri edifici o schermi presenti nelle vicinanze.

5.1.4.7 Calcolo della potenza sonora degli assi stradali

Il modello di calcolo è stato utilizzato per ricavare la potenza sonora media per ognuna delle quattro classi assegnate agli assi stradali dell'intero agglomerato.

Per le prime quattro categorie di strade, ovvero quelle caratterizzate da traffico elevato, medio e ridotto le potenze sono state assegnate a partire dai rilievi fonometrici di breve termine, secondo la procedura di seguito descritta.

Innanzitutto, all'interno del modello di simulazione, è stato lanciato il calcolo presso i punti ricettori corrispondenti alle misure fonometriche, avendo preventivamente assegnato una potenza sonora ipotetica agli assi stradali su essi incidenti in termini di rumorosità. Per ciascuna delle fasce orarie di riferimento (giorno, sera, notte), con metodo iterativo, sono stati modificati i valori di potenza sonora delle strade, fino a raggiungere la perfetta coincidenza tra valori misurati strumentalmente e valori calcolati nel modello. Al termine di questo processo è stata ricavata la potenza sonora dei singoli assi stradali (Tabella 5.2) e quindi la media per ciascuna classe di appartenenza.

Nome Strada	Categoria	Potenza acustica [dB]		
		LW day	LW evening	LW night
Viale Japigia	1	80,5	78	72
Via Peucetia	1	79,5	77,9	72,6
Corso Trieste	1	82,7	82,5	77,5
V.le Europa	1	79	79	75,5
Via Brigata Regina	1	79,5	78	74,5
Corso Vittorio Emanuele	1	78,5	78	75
Viale Kennedy	1	77,8	76,2	70,7
Via G. Petroni	1	79,9	78,6	72,7
Viale Einaudi	2	77,7	75,5	71,6
Via Fanelli	2	76,0	74,3	71,5
C.so A. de Gasperi	2	76,0	72,3	67,5
Via La Forgia	2	75,5	74,5	70
Via Garrone	2	77,0	75,5	70
Via Benedetto Croce	2	74,0	73,0	68,0
Via Napoli	2	75,5	73,5	70,2
Via Re David	2	75,8	74,0	69,0
Strada S.Girolamo	2	78,0	78,0	74,0
Via Bari	2	76,0	75,0	71,0
Via N.Costa	2	78,0	78,0	74,0
Via Lazio	2	79	78	73
Via A.Manzoni	2	73,5	72,4	66,0
Via Timavo	3	75,5	73,0	68,5
Via Ospedale di Venere	3	75,7	74,3	69,5
Strada Vassallo	3	75,5	76,0	70,0
Via Lembo	3	73,0	70,0	65,0
Via Colella	3	70,5	70,0	68,5
Piazza Romita	3	73,0	71,5	68,5
Via Lombardia	3	72,5	70,0	63,5
Via Bartolo	3	77,3	77,1	71,3
Via Ranieri	3	76,5	75,5	69,0

Nome Strada	Categoria	Potenza acustica [dB]		
		LW day	LW evening	LW night
Via Volpe	3	71,5	70,3	61,5
Via Signorile	3	71,0	67,5	64,3
Via Pepe	4	68,0	65,5	59,5
Via Pietro Sette	4	66,8	61,5	62
Viale Accolti Salvati	4	69,5	64,5	53,5
Via degli Alfaraniti	4	66,0	64,0	56,6
Via Cassala	4	64,5	62,0	59,3
Via Catanzaro	4	64,5	61,5	58,0
Via Novara	4	70,0	68,0	62,0
Via Toscana	4	71,0	66,0	60,0

Tabella 5.2 – Potenze acustiche ricavate nel modello di simulazione

Per ricavare un dato più realistico si è ipotizzato che il livello di rumore misurato durante la campagna di monitoraggio presso alcuni ricettori non derivasse unicamente dall'asse stradale su cui il ricettore stesso affacciava ma altresì dal contributo, seppure inferiore, delle strade circostanti. Questa condizione risulta particolarmente veritiera allorché il punto di immissione cade in corrispondenza di incroci o comunque di aree con strade concomitanti, in misura tanto maggiore quanto minore è la differenza di classe tra le strade suddette. Se non si fosse tenuto conto di ciò, si sarebbe rischiata una sovrastima nell'attribuzione del dato di potenza sonora della strada e di conseguenza delle potenze medie assegnate alle quattro classi summenzionate.

All'interno del modello di simulazione, ai tratti stradali nell'intorno dei punti di misura è stata quindi assegnata la potenza di rumore media ricavata per la corrispondente classe di appartenenza, lasciando invariati i parametri di potenza per l'asse stradale maggiormente influente sul ricettore (ovvero quelli riportati in Tabella 5.2).

A questo punto è stato lanciato un nuovo calcolo presso i punti ricettori. Nella maggior parte dei casi si è notato un aumento dei livelli di pressione sonora, causato dall'influenza dei nuovi assi stradali considerati. Quindi, analogamente a quanto avvenuto nella fase precedente, il livello di potenza acustica degli assi stradali di Tabella 5.2 è stato regolato (abbassato) in modo iterativo, sino a quando la differenza massima tra livello di pressione sonora calcolato e misurato è risultata inferiore a 0,5 dB.

La Tabella 5.3 riporta il confronto tra livelli di pressione sonora calcolati e misurati in corrispondenza dei ricettori.

Ubicazione	Livello CALCOLATO (Lc)				Livello MISURATO (Lm)				Differenza Lc-Lm			
	L _{day}	L _{eve}	L _{night}	L _{den}	L _{day}	L _{eve}	L _{night}	L _{den}	L _{day}	L _{eve}	L _{night}	L _{den}
	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]
Via Peucetia	65.7	64.2	58.7	67.2	65.5	63.9	58.7	67.1	0.2	0.3	0	0.1
V.le Japigia	66.5	64	57.6	67.1	66.1	63.7	57.6	66.9	0.4	0.3	0	0.2
V.le Accolti Gil	58.6	54.8	46.9	58.6	58.6	54.4	46.4	58.1	0	0.4	0.5	0.5
Viale Einaudi	62.8	60.8	57	64.9	62.4	60.4	56.6	64.5	0.4	0.4	0.4	0.4
Via Fanelli	63.9	62.2	59.4	66.8	64.1	62.2	59.6	67	-0.2	0	-0.2	-0.2
Via Laforgia	61.4	60.1	55.5	63.8	61	59.9	55.3	63.3	0.4	0.2	0.2	0.5
Via Pietro Sette	54.6	52	49.3	57.1	54.1	51.5	49.1	56.6	0.5	0.5	0.2	0.5
via Garrone	62.6	61	55.7	64.2	62.2	60.7	55.6	64	0.4	0.3	0.1	0.2
via Timavo	62.4	59.9	55.6	64	62.3	59.7	55.4	63.8	0.1	0.2	0.2	0.2
Corso Trieste	66.9	66.9	61.9	69.7	66.7	66.5	61.6	69.4	0.2	0.4	0.3	0.3
Via Manzoni	63.6	62.6	56.4	65.2	63.4	62.5	56.1	64.9	0.2	0.1	0.3	0.3
via colella	58.2	57.6	55.9	62.6	57.9	57.5	55.9	62.5	0.3	0.1	0	0.1
via degli alfaraniti	55.5	54	48.8	57.4	55	53.5	48.7	56.9	0.5	0.5	0.1	0.5
V.le Europa	66.5	66.5	63	70.2	66.5	66.4	63.1	70.2	0	0.1	-0.1	0
Via Cassala	54.6	53.6	50.9	58	54.1	53.1	50.6	57.7	0.5	0.5	0.3	0.3
Piazza Romita	58.1	56.6	52.9	60.6	58	56.6	53.4	60.9	0.1	0	-0.5	-0.3
Via Catanzaro	53.7	50.4	47.2	55.3	53.7	50.5	47	55.2	0	-0.1	0.2	0.1
via Lombardia	58.4	55.4	49.1	58.9	58.4	55.6	49.3	58.9	0	-0.2	-0.2	0
via Novara	58.6	56.3	50.7	59.6	58.3	56.3	50.7	59.5	0.3	0	0	0.1
V.le Lazio	65.2	64.7	60	67.8	65.7	64.9	59.9	67.9	-0.5	-0.2	0.1	-0.1
Via Toscana	58.1	53.5	48.5	58.3	58.2	53.8	48.2	58.3	-0.1	-0.3	0.3	0
C.so de Gasperi	62.4	58.9	54.1	63.2	62.3	58.6	53.8	63	0.1	0.3	0.3	0.2
V.le Kennedy	63.5	62	56.5	65.1	63.4	61.9	56.4	65	0.1	0.1	0.1	0.1
Via G. Petroni	66.7	65.3	59.7	68.3	66.6	65.1	59.4	68.1	0.1	0.2	0.3	0.2
Via Paolo Lembo	57.9	54.8	49.8	58.8	57.4	54.5	49.3	58.3	0.5	0.3	0.5	0.5
Via B regina	66.1	64.4	60.8	68.5	65.6	64	60.9	68.1	0.5	0.4	-0.1	0.4
Via Napoli	61.4	60.2	56.8	64.4	61.9	59.7	56.4	64.1	-0.5	0.5	0.4	0.3
Via re David	62.4	61.1	56	64.3	62.4	60.7	55.8	64.2	0	0.4	0.2	0.1
C.so B. Croce	62	60.7	55.3	64.1	61.7	60.9	55.6	63.8	0.3	-0.2	-0.3	0.3
Strada vicinale	63.5	64	58	66.1	63.4	64	58.1	66.1	0.1	0	-0.1	0
Via Bartolo	64.5	64.2	58.4	66.7	64.2	64.2	58.3	66.6	0.3	0	0.1	0.1
Via Ospedale di	66.1	64.6	59.8	68	66	64.5	59.8	68	0.1	0.1	0	0
Via F. Pepe	56.5	54	48	57.6	56.3	53.8	47.9	57.1	0.2	0.2	0.1	0.5
Via Ranieri	56.6	55.7	49.1	58	56.3	55.3	48.8	57.7	0.3	0.4	0.3	0.3
Via Volpe	58.5	57.3	48.3	58.9	58	56.9	47.8	59.1	0.5	0.4	0.5	-0.2
Via S. Girolamo	67.4	67.4	63.4	70.8	67.3	67.1	63.1	70.6	0.1	0.3	0.3	0.2
Via N. Costa	65.7	65.6	61.5	68.9	65.5	65.6	61.2	68.7	0.2	0	0.3	0.2
Corso V. Emanuele	65.2	64.6	61.1	68.6	64.8	64.4	61	68.5	0.4	0.2	0.1	0.1
Via Bari	63.2	62.1	57.7	65.6	63	61.8	57.6	65.4	0.2	0.3	0.1	0.2
Via Signorile	58.3	55.5	52.2	60.2	58	55	51.7	59.8	0.3	0.5	0.5	0.4

Tabella 5.3 – Confronto tra livelli di pressione sonora calcolati e misurati

Al termine di questa fase è stata ricavata la potenza definitiva di ciascun asse stradale e quindi ricalcolati i valori medi per categoria, riportati in Tabella 5.4.

Categoria strada	Potenza acustica media [dB]		
	LW day	LW evening	LW night
1 – traffico elevato	79,7	78,5	73,8
2 – traffico medio	76,3	74,9	70,4
3 – traffico ridotto	73,8	72,3	67,2
4 – traffico scarso	67,5	64,1	58,9

Tabella 5.4 – Potenze sonore medie per categoria di strada

Nella tabella seguente viene mostrato il confronto tra i valori assegnati alle classi di potenza della MAS 2017 e quella attuale del 2022.

È opportuno evidenziare che nell'ambito di questo ciclo di scadenze è stato deciso di introdurre una ulteriore classe di potenza acustica per rappresentare al meglio le strade con valore intermedio tra traffico ridotto e traffico trascurabile. Questo comporta evidentemente una diversa distribuzione dei valori nelle varie classi di potenza e per tale motivo, oltre ad un probabile calo del traffico generale durante i rilievi del 2021 si registrano le differenze riportate nella tabella seguente.

Categoria strada	Potenza acustica media [dB]					
	LW day,2017	LWday,2022	LW eve,2017	LW eve,2022	LW night,2017	LW night,2022
1 – traffico elevato	82,5	79,7	81,3	78,5	77,1	73,8
2 – traffico medio	76	76,3	74,8	74,9	69,2	70,4
3 – traffico ridotto	71,4	73,8	69,8	72,3	62,6	67,2
4 – traffico scarso	-	67,5	-	64,1	-	58,9

Tabella 5.5 – Confronto tra le potenze sonore medie della MAS 2017 e della MAS 2022

Come detto in precedenza, per le infrastrutture stradali di categoria 5 è stata fatta una valutazione di tipo qualitativo, a partire dalla considerazione che in questi tratti il traffico stradale non contribuisce in maniera significativa ai livelli di esposizione sonora della popolazione. In altre parole, all'interno del modello di simulazione, agli assi di categoria 5 è stata assegnata una potenza sonora tale da non superare in nessun caso, in facciata degli edifici più esposti, i valori di 50 dB(A) per L_{night} e 55 dB(A) per L_{den} .

La potenza acustica media ricavata per la categoria 5 è riportata in Tabella 5.6.

Categoria strada	Potenza acustica media [dB]		
	LW day	LW evening	LW night
4 – traffico trascurabile	58,0	56,5	52,0

Tabella 5.6 – Potenza sonora assegnata alle strade con traffico trascurabile

I nuovi livelli di potenza sonora così ottenuti sono stati attribuiti in ambiente GIS a tutti gli assi stradali del grafo a seconda della classe di appartenenza e successivamente importati nel software di simulazione.

5.1.4.8 Calcolo dei descrittori acustici

Una volta messo a punto il modello di simulazione, sono stati lanciati due calcoli:

- **Calcolo in facciata**, ovvero la determinazione dei livelli sonori a 4 metri di altezza sulla facciata degli edifici abitativi secondo le indicazioni riportate al paragrafo 2.8 “*Esposizione al rumore*” dell’allegato II alla Direttiva 2002/49/CE e s.m.i., al fine di individuare per i descrittori acustici L_{den} e L_{night} il numero assoluto di residenti esposti a determinati intervalli dei livelli acustici;
- **Mappa acustica**, ovvero il calcolo dei descrittori acustici L_{den} e L_{night} su una griglia di punti con passo di 5 per 5 metri, altezza relativa pari a 4 metri. Le mappe acustiche consentono di valutare in modo immediato la rumorosità in determinate aree del territorio, nonché gli edifici maggiormente esposti. Una volta calcolata, la mappa può essere rappresentata sotto forma sia di superfici che di curve isolivello con passo di 5 dB, così come imposto dalla normativa.

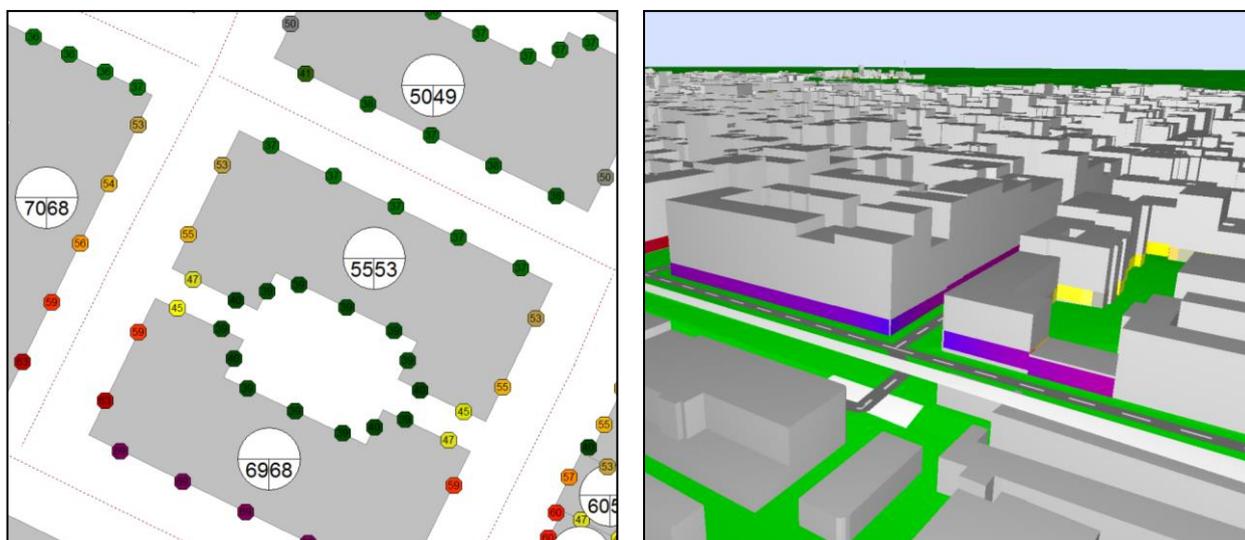


Figura 5.4 – Visualizzazione dei ricettori in facciata edificio e ricostruzione 3D

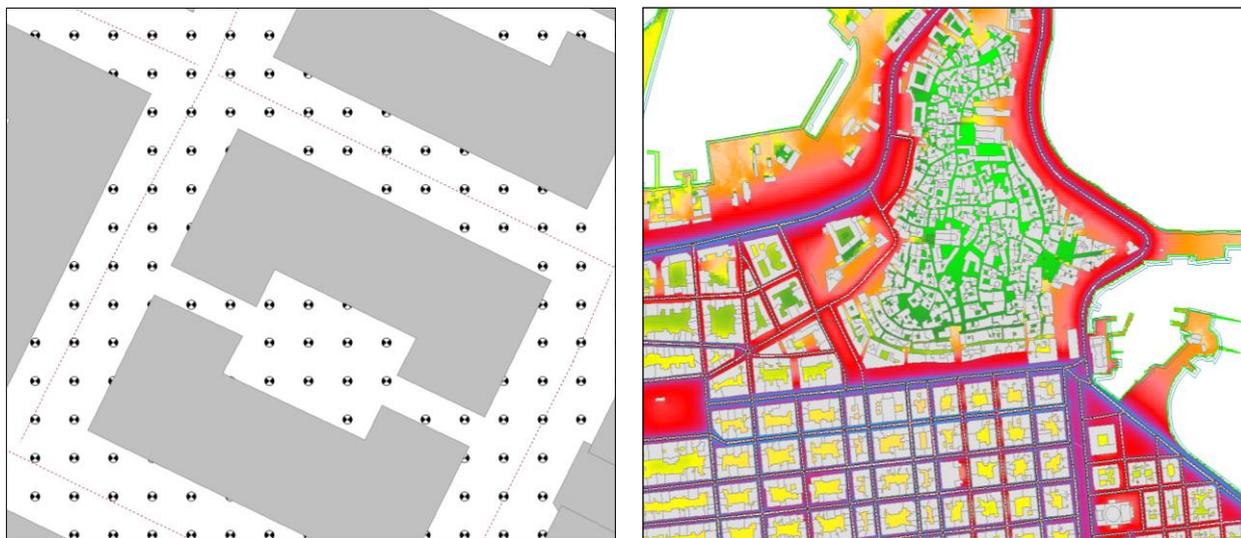


Figura 5.5 – Visualizzazione griglia ricettori e risultati del calcolo

5.1.5 Stima della popolazione esposta

Dopo la messa a punto del modello aggiornato, è stato effettuato un nuovo calcolo relativo alla stima della popolazione esposta alle infrastrutture stradali, che è stata effettuata utilizzando le funzionalità implementate all'interno del software di simulazione. La distribuzione dei punti ricettori lungo le facciate degli edifici residenziali è stata effettuata direttamente all'interno del software di simulazione tramite l'opzione "Mappa edifici secondo CNOSSOS" della finestra "Mappa edifici" e considerando un'altezza relativa dal suolo pari a 4 metri. Tale opzione utilizza la procedura denominata "Caso 1: facciate suddivise ad intervalli regolari" descritta al paragrafo 2.8 "Esposizione al rumore" dell'allegato II alla Direttiva 2002/49/CE e s.m.i.

La distanza tra ricettori e facciata dell'edificio è stata impostata a 0,1 metri, mentre per l'esecuzione del calcolo la minima distanza tra ricettore e superficie riflettente è stata impostata ad 1 metro. Come accennato in precedenza, ciò consente di valutare la rumorosità su ciascun punto ricettore, escludendo la riflessione sulla facciata dell'edificio stesso ma considerando quella sugli altri edifici e/o ostacoli presenti.

Dopo aver lanciato il calcolo ed ottenuto i valori dei descrittori acustici per i ricettori in facciata edificio, all'interno del software CadnaA è stato richiamato il comando "Object-scan", scegliendo l'opzione "EU 2021/1226>Popolazione in classi di livello (Mediana)". In modo automatico il software calcola il numero di persone esposte agli intervalli di rumorosità richiesti dalla normativa, sia per l'indicatore L_{den} che per L_{night} , secondo la metodologia descritta al paragrafo 2.8 dell'allegato II alla Direttiva 2002/49/CE nella

sezione “Assegnazione delle abitazioni e delle persone che vivono nelle abitazioni ai punti ricettore – lettera b”. Attraverso analoghe funzioni implementate all’interno del comando “Object-scan” del software è stato calcolato il numero di edifici esposti al rumore, suddivisi in residenziali, scolastici e ospedali nonché la superficie dell’agglomerato esposta in km².

Si specifica che i plessi scolastici e le aree ospedaliere costituiti da più edifici sono comunque conteggiati come singole unità, la cui esposizione al rumore è riferita agli edifici dove sono ubicate le aule nel caso delle scuole e le sale di degenza nel caso degli ospedali.

5.2 Mappatura dei siti di attività industriale e porto

Nei paragrafi seguenti è riportata la metodologia per la valutazione della popolazione esposta alla rumorosità prodotta dai siti industriali e dal porto nell’ambito dell’aggiornamento quinquennale richiesto dal D.Lgs 194/05.

5.2.1 Individuazione dei siti industriali

Gli insediamenti industriali da sottoporre a mappatura acustica, secondo la definizione riportata nell’art. 2 comma 1 lettera v), corrispondono alle aree classificate V o VI ai sensi delle norme vigenti in cui sono presenti attività industriali quali quelle definite nell’allegato 1 al decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59. Poiché il Comune di Bari non ha provveduto alla classificazione acustica del territorio comunale, sono stati individuati gli insediamenti assoggettati ad A.I.A. ricadenti all’interno dei confini amministrativi del comune di Bari.

Nella tabella seguente l’elenco aggiornato degli insediamenti con obbligo di mappatura, in base alla documentazione in possesso di Arpa Puglia.

Nome	Sede operativa	Codice IPPC
O-I Manufacturing Italy S.p.a	Strada Provinciale Bari - Modugno 2	3.3
Rete Ferroviaria Italiana (ex BARI FONDERIE MERIDIONALI spa	Via Tommaso Columbo,n.7	2.2
CHIMICA DR. FR. D'AGOSTINO spa	Via Murari,n.3	4.2
BIRRA PERONI S.p.A.	Via Bitritto, n.108	6.4 b2
AMIU BARI S.P.A.	Viale G. Lindemann	n.d.
BB Bari s.r.l.	Viale Lovri, n.1	5.1

Tabella 5.7: Insediamenti industriali assoggettati ad A.I.A. nell’agglomerato di Bari

Rispetto alle mappature del precedente ciclo di scadenze, si sottolinea che, oltre al cambio di denominazione di uno stabilimento presente nell'agglomerato, lo stabilimento Metalgalvanica non risulta più attivo, pertanto, la rumorosità prodotta dallo stesso non è stata considerata nella presente Mappatura Acustica.

Così come avvenuto nell'elaborazione della precedente MAS, tutti gli insediamenti sono stati perimetrati in ambiente GIS e importati nel software CadnaA per la successiva taratura, basata sulle ultime misure fonometriche disponibili svolte dagli stessi gestori nell'ambito delle procedure A.I.A. In particolare, a partire dall'analisi dei relativi layout sono state individuate le principali sorgenti di rumore presenti, ricostruite poi nel modello di simulazione acustica come sorgenti areali orizzontali e verticali e/o come sorgenti puntuali. Successivamente le stesse sorgenti sono state tarate modulandone la potenza sonora sulla base dei livelli di rumore misurati strumentalmente presso i ricettori individuati da ogni gestore, importati come "ricettori" all'interno del modello previsionale e posizionati, a seconda dei casi, all'interno o all'esterno di ogni stabilimento. Per ogni sorgente è stato effettuato un processo iterativo di attribuzione della potenza sonora, finalizzato a minimizzare le differenze tra livelli di rumore misurati e simulati all'interno del modello.

5.2.2 Il porto di Bari

Il porto di Bari è uno scalo polivalente in grado di rispondere alle esigenze sia del traffico merci che passeggeri. All'interno dell'area portuale sono presenti banchine attrezzate per ogni tipo di traffico commerciale (merci rinfuse, in container, in colli, etc.), per l'attracco di navi traghetto ro-ro, nonché di navi da crociera.

Per la caratterizzazione dell'infrastruttura portuale dal punto di vista acustico è stato effettuato un sopralluogo preliminare finalizzato all'individuazione delle sorgenti maggiormente impattanti da sottoporre ad approfondimento; successivamente è stata effettuata una campagna di monitoraggio con misure spot o di breve periodo a seconda della sorgente da indagare.

A seguito di sopralluogo è emerso che le principali sorgenti di rumore sono:

- La strada di collegamento tra l'Ingresso/Varco della Vittoria e le banchine di ormeggio delle navi;
- Le navi traghetto/da crociera ormeggiate in corrispondenza dei rispettivi moli di attracco.

Come già documentato nella precedente Mappa Acustica Strategica, considerando che gli attracchi per le varie tipologie di navi non sono variati rispetto al passato, il rumore

prodotto dalle navi ormeggiate in porto è stato ritenuto ancora una volta trascurabile. Pertanto si è deciso di considerare unicamente la sorgente stradale presente all'interno dell'area portuale.

La caratterizzazione della sorgente stradale interna al porto è stata effettuata utilizzando la stessa tecnica già utilizzata nella redazione della precedente MAS, ovvero posizionando una centralina sul lastrico solare dell'edificio denominato *Blocco Servizi "Banchina Massi"* e acquisendo i livelli di rumorosità per 24 ore. La strumentazione utilizzata e le relative impostazioni coincidono con quelle descritte nel paragrafo 5.1.4.6. I dati rilevati strumentalmente per le tre fasce orarie sono di seguito riportati.

Ubicazione	L _{day} [dB(A)]	L _{eve} [dB(A)]	L _{night} [dB(A)]	L _{den} [dB(A)]
Area Portuale di Bari – Edificio <i>Blocco Servizi "Banchina Massi"</i>	66,6	60,8	55,3	66,2

L'asse stradale indagato ed il punto ricettore in cui è stata eseguita la misura sono stati importati in ambiente CadnaA, dove è stata ricavata la potenza acustica della strada, di seguito riportata per le tre fasce orarie di riferimento.

Strada	Potenza acustica [dB]		
	LW _{day}	LW _{evening}	LW _{night}
Strada di collegamento tra Varco della Vittoria e Stazione Marittima	82.0	76.3	70.5

Il traffico della strada indagata si suddivide tra i mezzi che si fermano in corrispondenza del molo S. Vito, quelli che raggiungono la Darsena di Ponente e quelli che transitano verso la Banchina di Levante. Per tenere conto di ciò, in ambiente CadnaA l'asse stradale è stato spezzato in corrispondenza dei bivi e ad ogni tratto è stata assegnata una potenza sonora pari rispettivamente a 2/3 ed 1/3 della potenza complessiva su riportata.

5.2.3 Stima popolazione esposta a sorgenti industriali e porto

La valutazione della popolazione esposta al rumore prodotto dagli insediamenti industriali e dal porto è stata effettuata utilizzando il software di simulazione CadnaA già descritto al paragrafo 5.1.4.

Il calcolo è stato effettuato in facciata degli edifici residenziali esposti, secondo le stesse modalità descritte nel paragrafo 5.1.5 per il rumore stradale, utilizzando lo stesso

strato informativo degli edifici già configurato ciascuno col numero di abitanti come descritto nella sezione “*Edifici*” del Paragrafo 5.1.1.2.

Al termine delle elaborazioni il software ha restituito i risultati riportati nella Tabella 6.3 dalla quale è possibile anche osservare il numero di edifici e la superficie dell'agglomerato esposti.

5.3 Mappatura aeroporto

L'aeroporto di Bari "Karol Wojtyła" non rientra tra gli aeroporti principali così come definiti dal D. Lgs 194/05 e s.m.i.. Pertanto la valutazione della rumorosità introdotta all'interno dell'agglomerato di Bari è in carico all'autorità competente individuata dalla Regione.

La mappatura acustica dell'aeroporto è stata ricavata dalla mappatura del descrittore LVA utilizzata nell'ambito della zonizzazione acustica dell'intorno Aeroportuale, per la quale è stato utilizzato come scenario di riferimento quello costruito a partire dai dati sul traffico dell'anno 2016. La mappa suddetta, elaborata in forma di curve isolivello è stata convertita in una griglia di valori LVA.

Per adempiere a quanto richiesto dal D.Lgs. e s.m.i. è stato quindi necessario articolare il lavoro secondo le fasi di seguito indicate:

- Calcolo del valore LVA annuale (secondo il metodo delle tre settimane a maggior traffico di cui al DM 31/10/97) a partire dai dati registrati presso le centraline della rete di monitoraggio di Adp per gli anni 2016 e 2021.
- Proiezione della mappa LVA₂₀₁₆ al 2021 attraverso il calcolo degli scostamenti del valore LVA rispetto al 2021.
- Calcolo dello scostamento medio annuale tra i valori LVA e i valori di L_{den} e L_{night} per l'anno 2021 ricavati dai dati delle centraline di monitoraggio e calcolati sullo stesso periodo di riferimento del descrittore LVA (settimane a maggior traffico)
- Attribuzione degli scostamenti LVA-L_{den} e LVA-L_{night} ai punti della griglia della mappa LVA₂₀₂₁ e calcolo della relativa mappa L_{den} e L_{night}.
- Calcolo della popolazione esposta ai livelli L_{den} e L_{night}.

Nella Tabella 5.8 seguente sono mostrati i risultati delle operazioni summenzionate.

È opportuno specificare che le centraline P620 - Testata 07 e P662- Ospedale non sono state prese in considerazione poiché per la prima sono quasi totalmente assenti i dati relativi al 2021 per effetto dei lavori di prolungamento della pista di volo e per la seconda i dati sono fortemente condizionati dalla presenza di rumore antropico locale.

Dal confronto tra i valori di LVA negli anni 2016 e 2021 è possibile osservare uno scarto significativamente ridotto e pertanto si è deciso di considerare la mappa del descrittore LVA del 2016 valida anche per il 2021.

A quest'ultima è stato infine applicato lo scarto medio ottenuto presso le centraline di monitoraggio dal confronto tra i valori LVA e i valori L_{den} ed L_{night} , al fine di applicare il metodo di calcolo dell'esposizione al rumore della popolazione, il cui risultato è approfondito al Paragrafo 5.3.1

	LVA 2021	LVA 2016	Δ LVA 2021-2016	L_{den} 2021	Δ LVA- L_{den} 2021	L_{night} 2021	Δ LVA- L_{night} 2021
P620 - testata 07	61.3	66.3	-5	-	-	-	-
P621 - Torre di Brencola	55.5	55.4	0.1	58.0	-2.5	50.5	5.0
P660 - Palese Cimitero	57.3	56.2	1.1	59.7	-2.4	52.0	5.3
P661 - Campi Sportivi	61.7	62	-0.3	63.1	-1.4	55.2	6.5
P662 - Ospedale**	47.3	47.1	0.2	47.5	-0.2	40.7	6.6
P663 - Bitonto l'Ulivo	58	57.9**	0.1	59.6	-1.6	51.9	6.1
				MEDIA ΔLVA-L_{den} 2021	-2.2	MEDIA ΔLVA-L_{night} 2021	5.5

Tabella 5.8: Confronto tra LVA e L_{den} per il rumore aeroportuale

5.3.1 Stima della popolazione esposta al rumore aeroportuale

Il calcolo della popolazione esposta è stato eseguito in ambiente CadnaA, utilizzando le mappe acustiche per L_{den} e L_{night} pre-elaborate nel GIS e la copertura dell'edificato cittadino con le informazioni del numero di abitanti, già predisposta per il calcolo degli esposti al rumore stradale (cfr. paragrafo 5.1.1.2). In particolare, secondo quanto previsto dal paragrafo 2.8 - sezione *Assegnazione dei punti di misura del rumore alle abitazioni e alle persone che vivono nelle abitazioni* dell'Allegato II alla Direttiva 2002/49/CE, nel caso del rumore aeroportuale ad ogni edificio sono stati attribuiti i livelli massimi L_{den} e L_{night} letti

dalle rispettive griglie che circondano l'edificio stesso. I livelli così ottenuti sono stati associati agli abitanti e quindi è stata ricavata la tabella degli esposti per ciascun intervallo di L_{den} e L_{night} , richiamando all'interno del software di simulazione CadnaA il comando "Object-scan", scegliendo in successione l'opzione "EU 2021/1226>Punto più rumoroso della mappa in/vicino all'edificio>Step 1" e quindi "Step 2".

La Tabella 6.4 riporta il risultato del calcolo che comprende anche il dato sul numero di edifici residenziali e sensibili e la superficie dell'agglomerato esposti al rumore aeroportuale.

5.4 Mappatura delle infrastrutture ferroviarie locali

Il D.Lgs. 194/05 prevede che gli enti gestori di infrastrutture ferroviarie elaborino e trasmettano all'autorità competente le mappature acustiche con riferimento agli assi ferroviari su cui transitano più di 30.000 convogli/anno (assi ferroviari principali). Nell'agglomerato di Bari la rete ferroviaria si estende per circa 84 km, così ripartiti:

- ~ 45 km in gestione a Rete Ferroviaria Italiana (RFI)
- ~ 21 km in gestione a Ferrotramviaria S.p.a.
- ~ 11 km in gestione a Ferrovie del Sud-Est
- ~ 7 km in gestione a Ferrovie Appulo Lucane

Di queste solo RFI e Ferrotramviaria gestiscono assi ferroviari principali, le cui mappature sono descritte in dettaglio rispettivamente ai paragrafi 5.5.3 e 5.5.4.

In particolare Ferrotramviaria ha individuato come assi principali la tratta ferroviaria che va dal km 0 + 000 (stazione di Bari Centrale) fino al km 6+050 (stazione di Bari Fesca-San Girolamo).

La mappatura dei restanti assi non principali è in carico ad Arpa Puglia, in qualità di autorità competente designata per gli agglomerati, che ha già adempiuto alla consegna degli elaborati per il primo ciclo di scadenze e che deve pertanto produrre il relativo aggiornamento quinquennale. Nella Figura 5.6 sono riportati gli assi ferroviari sopra descritti.

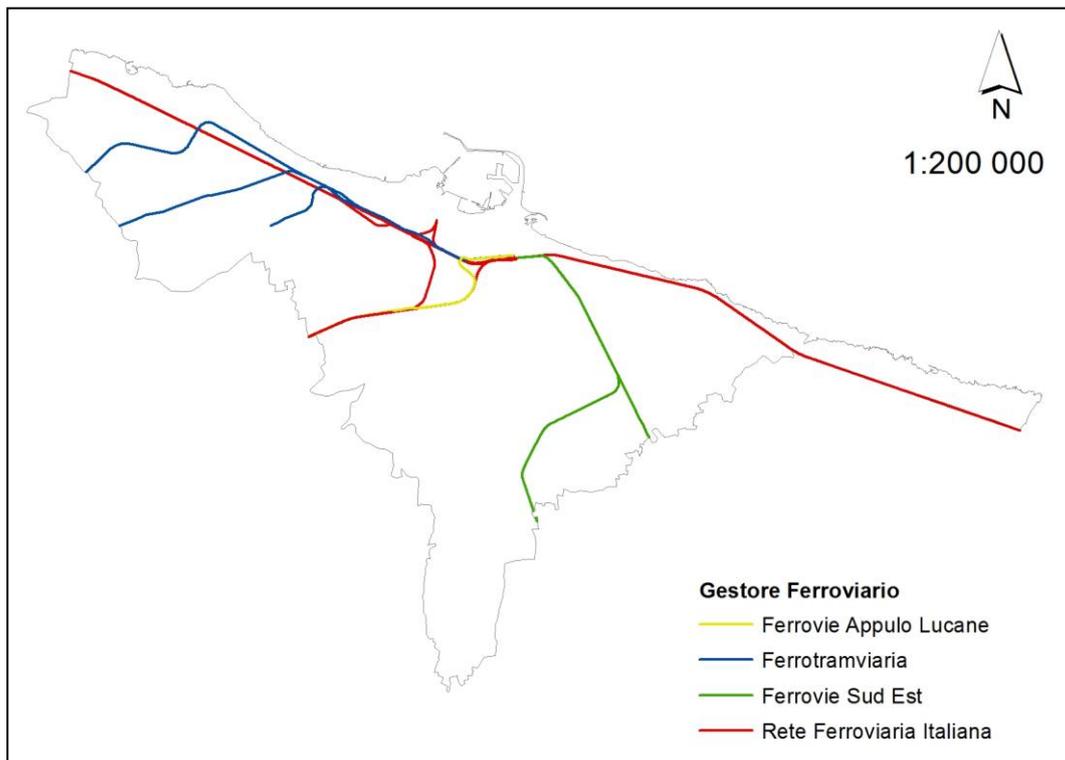


Figura 5.6 – Assi ferroviari all'interno dell'agglomerato di Bari

Per l'aggiornamento quinquennale della mappatura relativa agli assi ferroviari non principali è stato adottato il nuovo metodo di determinazione del rumore denominato CNOSSOS-EU, il cui modello previsionale è stato costruito a partire dai dati di input forniti dai gestori delle infrastrutture, come descritto in dettaglio al paragrafo successivo.

5.4.1 Caratterizzazione acustica delle infrastrutture ferroviarie non principali

L'ultima versione del software di modellizzazione acustica CadnaA ha implementato all'interno del modulo dedicato al rumore ferroviario il nuovo standard di calcolo CNOSSOS-EU previsto dalla Direttiva Europea 996/2015 e recepito all'interno del D.Lgs 194/05.

Rispetto al metodo di calcolo olandese "RMR II" utilizzato in occasione del precedente ciclo di scadenze, CNOSSOS-EU prevede l'acquisizione di un maggior numero di dati di input con una conseguente miglior rappresentazione della rumorosità generata dalle infrastrutture ferroviarie. I suddetti dati, richiesti ai gestori delle infrastrutture presenti nell'agglomerato di Bari, sono i seguenti:

- numero di transiti dei convogli nei tre periodi di riferimento (Day, Evening e Night) lungo la tratta ferroviaria;
- categoria Treno (veicolo ad alta velocità, locomotiva diesel, locomotiva elettrica, etc.);

- tipologia del sistema frenante (freni a ceppi, freni a disco, etc.) del convoglio;
- massima velocità raggiunta lungo la tratta;
- caratteristiche costruttive dei binari (traversa mono o doppio blocco, traversa in legno, binario nel letto di ghiaia, etc.);
- stato di manutenzione del fungo della rotaia;
- raggio di curvatura della tratta;
- presenza del ponte e caratteristiche costruttive (cemento/muratura, acciaio, con traversina nella ghiaia, etc.);
- eventuale presenza di sistemi di riduzione del rumore alla rotaia (ammortizzatore ferroviario, piastra assorbente, etc.);
- tipo di connessione dei binari (rotaia saldata, con scambi, etc.).

I dati forniti dai gestori sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tratta	Categoria treno	Numero Convogli			V max (Km/h)	Tipologia freni	Tipologia binario	Connessioni	Rugosità fungo rotaia	Riduzione rumore rotaia	Raggio curvatura	Ponti
		D	E	N								
Bari C.le - Mungivacc a	Autotreno diesel a tre casse a composizione bloccata	6	0	0	50	Freni non a ceppi, come i freni a disco a tamburo e magnetici	Binario nel letto di ghiaia (cemento e legno)	rotaia saldata	normale manutenzione	-	200-300 m	Prev. Cemento o muratura
	Elettrotreno a tre casse a composizione bloccata	42	3	1	50							
Mungivacc a - Bari Ceglie Carbonara	Autotreno diesel a tre casse a composizione bloccata	6	0	0	65	Freni non a ceppi, come i freni a disco a tamburo e magnetici	Binario nel letto di ghiaia (cemento e legno)	rotaia saldata	normale manutenzione	-	200-300 m	Prev. Cemento o muratura
	Elettrotreno a tre casse a composizione bloccata	42	3	1	65							
Mungivacc a - Triggiano	Autotreno diesel a tre casse a composizione bloccata	6	0	0	65	Freni non a ceppi, come i freni a disco a tamburo e magnetici	Binario nel letto di ghiaia (cemento e legno)	rotaia saldata	normale manutenzione	-	200-300 m	Prev. Cemento o muratura
	Elettrotreno a tre casse a composizione bloccata	42	3	1	65							

Tabella 5.9 – Dati di input per la mappatura degli assi ferroviari di Ferrovie Sud Est

Tratta	Categoria treno	Numero Convogli			V max (Km/h)	Tipologia freni	Tipologia binario	Giunti	Rugosità fungo rotaia	Riduzione rumore rotaia	Raggio curvatura [m]	Ponti
		D	E	N								
Bari C.le - Bari Scalo	carrozze passeggeri semoventi	29	4	1	110	Freni non a ceppi, come i freni a disco a tamburo e magnetici	Traversa a monoblocco/ Soletta media	2 scambi /100 m	normale manutenzione	-	300-500	Ponti in cemento o muratura con binari sovrapposti
<i>Bivio Fesca S.Girolamo-Cecilia</i>	carrozze passeggeri semoventi	31	4	8	50	Freni non a ceppi, come i freni a disco a tamburo e magnetici	Traversa a monoblocco/ Soletta media	2 scambi /100 m	normale manutenzione	-	200-300	Ponti in cemento o muratura con binari sovrapposti
<i>Bivio Fesca S.Girolamo- Bivio S.Spirito Via</i>	carrozze passeggeri semoventi	45	5	13	110	Freni non a ceppi, come i freni a disco a tamburo e magnetici	Traversa a monoblocco/ Soletta media	2 scambi /100 m	normale manutenzione	-	300-500	Nessun ponte

Tabella 5.10 – Dati di input per la mappatura degli assi ferroviari di Ferrotramviaria

Tratta	Categoria treno	Numero Convogli			V max (Km/h)	Tipologia freni	Tipologia binario	Giunti	Rugosità fungo rotaia	Riduzione rumore rotaia	Raggio curvatura [m]	Ponti
		D	E	N								
Bari C.le - Bari Scalo	Autotreno diesel	43	6	7	80	a ceppi in materiali compositi o in metallo agglomerato	Traversa a doppio-blocco/ Soletta morbida	>2 scambi /100 m	buona manutenzione	-	<200	Prev. Cemento o Muratura
<i>Bari Scalo-Bari Policlinico</i>	Autotreno diesel	43	6	7	80	a ceppi in materiali compositi o in metallo agglomerato	Traversa a monoblocco/ Soletta media	Singolo giunto	buona manutenzione	-	<200	Nessun ponte
<i>Bari Policlinico - Bari Z.Industriale</i>	Autotreno diesel	46	4	7	65	a ceppi in materiali compositi o in metallo agglomerato	Traversa a monoblocco/ Soletta media	-	buona manutenzione	-	>=500	Prev. Cemento o Muratura

Tabella 5.11 – Dati di input per la mappatura degli assi ferroviari di Ferrovie Appulo Lucane

L'inserimento dei dati di input appena descritti permette di associare ad ogni singola tratta ferroviaria un valore di potenza acustica, che viene poi calibrato sulla base di rilievi strumentali in modo da verificare la corrispondenza tra la simulazione del rumore ferroviario tramite software e il suo valore reale misurato attraverso le indagini strumentali.

Nello specifico l'idea di base è quella di confrontare il livello di immissione generato da una specifica tratta ferroviaria, misurato strumentalmente attraverso rilievi fonometrici, con il livello di immissione simulato dal software, in corrispondenza della postazione di misura e nei tre periodi di riferimento (day, evening, night).

A tale scopo è stato necessario determinare il livello di emissione sonora della tipologia di treni in transito sugli assi analizzati, in modo da ricostruire poi il profilo

complessivo di rumorosità di una determinata tratta ferroviaria in base al numero di passaggi dei convogli.

Per valutare il rumore associato al passaggio di un singolo treno, il parametro maggiormente utilizzato è il SEL, definito come il livello di un rumore stazionario avente durata pari ad 1 secondo e stessa energia sonora prodotta dal rumore variabile all'interno dell'intervallo di misura T. La determinazione del SEL consente quindi di isolare il rumore prodotto da un evento acustico di breve durata (come ad esempio proprio un singolo transito di treno), preceduto e seguito dal rumore di fondo. Esso sostituisce quindi l'utilizzo del Livello Continuo Equivalente, non adatto a questo tipo di misure poiché quest'ultimo integrerebbe energeticamente anche il rumore di fondo e quindi andrebbe poi a sottostimare il livello associato esclusivamente al passaggio del treno. Il SEL viene calcolato attraverso la seguente espressione:

$$SEL = 10 * \text{Log}_{10} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\left(\frac{L_p(t)}{10}\right)} dt$$

dove $L_p(t)$ è il livello di pressione sonora all'istante t, mentre l'intervallo temporale di integrazione è definito come il tempo necessario affinché il livello sonoro si porti ad un valore di 10 dB(A) inferiore rispetto al livello massimo (Figura 5.7).

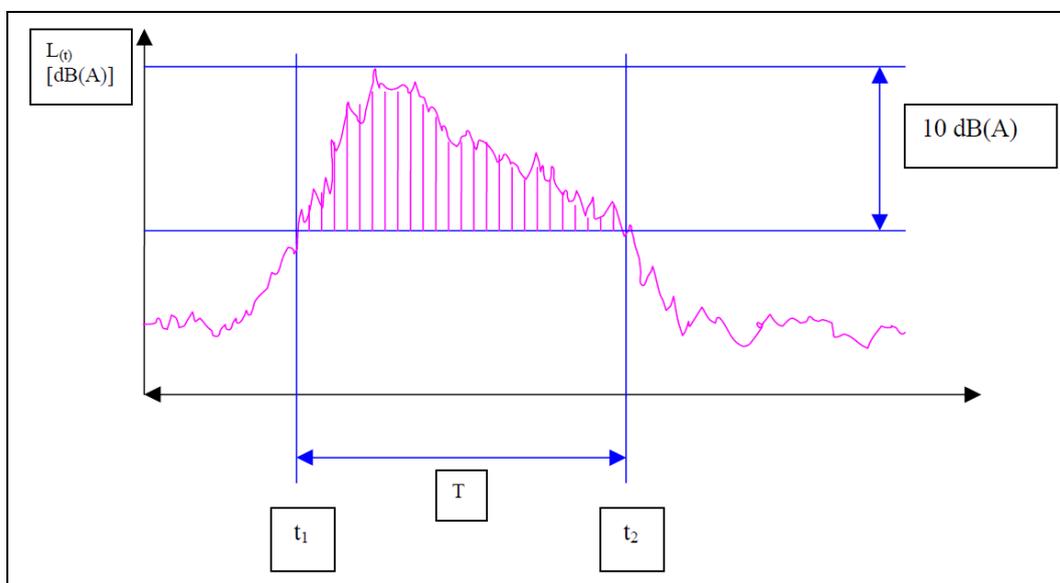


Figura 5.7 – Intervallo temporale di integrazione ed energia sonora considerata nel calcolo del SEL relativo al passaggio di un convoglio ferroviario

Per identificare in maniera corretta il rumore derivante dal singolo evento, si è fatto riferimento a quanto riportato nel D.M. 16.03.98 relativamente alle tecniche di rilevamento

del rumore ferroviario, che richiede di determinare la traccia del livello di pressione sonora con costante di tempo fast per un tempo sufficientemente lungo a comprendere l'evento.

Per la determinazione dei SEL è stato quindi necessario acquisire i profili del livello equivalente attraverso un tempo di campionamento molto ridotto (100 ms) in modo da essere equiparabile alla velocità di risposta del rivelatore del fonometro con costante di tempo fast (125 ms).

A partire dalla traccia ottenuta si è isolato il singolo evento dal rumore di fondo, considerando come dato utile la porzione energetica della misura compresa tra il livello massimo e lo stesso livello ridotto di 10 dB(A).

L'intervallo temporale nel quale ricade l'evento deve avere una durata minima tale da escludere eventi impulsivi non associabili al transito del treno.

Una volta acquisita la metodologia di misura è stata pianificata una campagna di rilievi fonometrici di breve durata, in modo da rilevare un numero sufficiente di transiti ferroviari al fine di ricavare un SEL medio che sia rappresentativo della rumorosità della tipologia di treni per ciascun gestore.

I dati sulla rumorosità dei treni sono stati prevalentemente acquisiti in una prima campagna di rilievi strumentali eseguiti in occasione del secondo ciclo di scadenze (rif. normativo 2012) e parzialmente aggiornati in caso di mancata comunicazione dei dati richiesti da parte del gestore (Ferrovie Appulo Lucane nel 2016) o a seguito di significative variazioni del parco treni (es. Ferrovie del Sud Est nel 2021).

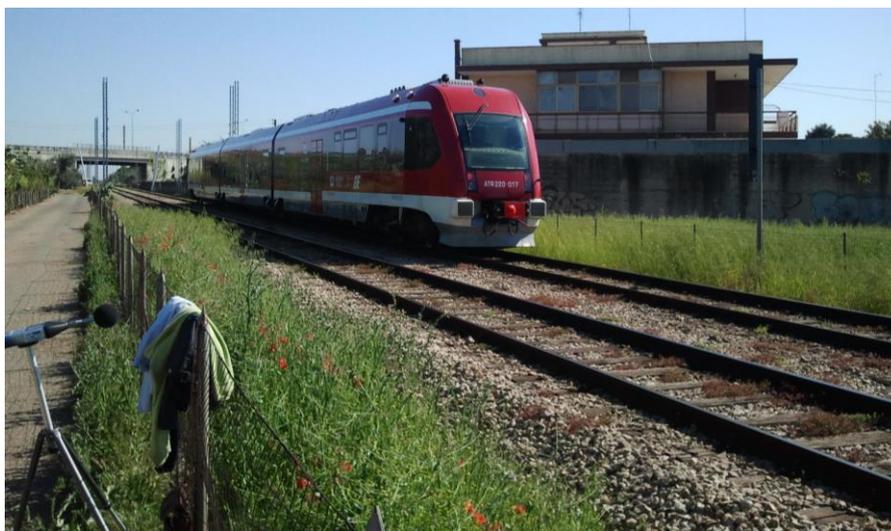


Figura 5.8 – Rilevo fonometrico presso l'infrastruttura ferroviaria di Ferrovie del Sud Est

Per quanto riguarda invece la taratura del modello previsionale, sono state in primo luogo ricostruite le combinazioni treno-infrastruttura più simili alla situazione reale sulla base dei dati forniti dai gestori, e in seguito modificati iterativamente i parametri di input, in

modo da ottenere il minor scarto possibile tra il Leq nei periodi day, evening, night (e di conseguenza DEN) calcolato dal software e quello misurato strumentalmente nel punto di indagine.

In particolare il valore del livello equivalente in uno specifico periodo di riferimento T (Leq,T) si ottiene dal prodotto tra il numero di passaggi di veicoli nel periodo T e il valore del SEL medio (SEL_m) ottenuto dalle misure :

$$L_{eq,T} = 10 * \text{Log}_{10}(SEL_m * P_T) - 10 * \text{Log}_{10}(T)$$

Nella tabelle che seguono viene riportato il confronto tra i valori di Leq_{Tk} calcolati a partire dalle misure fonometriche e quelli ottenuti dal software di simulazione al termine del processo di taratura per i tre gestori di infrastrutture ferroviarie nell'agglomerato di Bari.

GESTORE/ TRATTA	Modello	SEL _{ki}	Leq _{Tk} MISURATO			Leq _{Tk} SIMULATO		
			D	E	N	D	E	N
FSE -da Bari Centrale a Bari Mungivacca	ATR220 Pesa	87,5	48,3	0	0	47,5	0	0
	ETR 322	80,4	49,6	46,6	35,8	51,0	47,3	36,5
FAL - da Bari Policlinico a Bari Zona Industriale	Diesel-elettrico Stadler	85,8	55,3	53,2	54,7	54,1	52,0	48,5
Fertramviaria da Bari San Girolamo Fesca a Bari Palese	ELT 3/4 casse(alstom); ETR (stadler/cafe) 75 m	92,2	59,8	59,7	47,6	60,7	60,6	48,5

Tabella 5.12 – Confronto tra livelli misurati e livelli simulati per le tratte ferroviarie monitorate nell'agglomerato di Bari

5.4.2 Stima della popolazione esposta

Al termine del processo di calibrazione del modello aggiornato è stato stimato il numero di persone esposte al rumore, a partire dal calcolo del rumore in facciata agli edifici residenziali, valutato per intervalli di livello sonoro in analogia con quanto visto per le altre sorgenti.

Oltre ad essi sono stati valutati gli edifici residenziali e sensibili e la superficie dell'agglomerato esposti al rumore.

5.5 Integrazione delle mappature dei gestori

Per le infrastrutture principali ex D.Lgs. 194/05 sono stati utilizzati i dati elaborati dai relativi gestori nell'ambito della predisposizione della mappatura acustica.

In occasione della revisione quinquennale, per ciascun gestore è stata verificata l'esistenza di documentazione aggiornata da integrare con le mappature delle infrastrutture non principali descritte nei precedenti paragrafi, allo scopo di produrre le mappature acustiche per tipologia di sorgente.

Si specifica che la competenza in termini di controllo della documentazione trasmessa dai gestori di infrastrutture a valenza nazionale è in carico al MiTE e pertanto i relativi dati sono stati riportati e integrati senza verificarne la consistenza.

La Tabella 5.13 riporta in sintesi la situazione della documentazione riferita alle infrastrutture principali, compresi gli eventuali aggiornamenti, disponibile in ARPA Puglia alla data della redazione della presente relazione tecnica.

Tipologia di infrastruttura	Ente gestore	Dati disponibili
		Fonte
Stradale	Comune di Bari	Nessuna comunicazione su gestione di strade principali
Stradale	Provincia di Bari	Nessuna comunicazione su gestione di strade principali
Stradale	ANAS	ANAS - Mappatura acustica ai sensi del D.Lgs.194/05 elaborata dal gestore (rif. Normativo 2012)– il gestore ha comunicato che sulle proprie tratte al momento non sono stati posti in atto gli interventi di mitigazione previsti nel PCAR e PdA, pertanto le precedenti mappature rimangono valide
Stradale	ASPI	ASPI – Aggiornamento della Mappatura acustica ai sensi del D.Lgs.194/05 elaborata dal gestore (rif. normativo 2022)
Ferroviaria	RFI	RFI – Aggiornamento della Mappatura acustica ai sensi del D.Lgs.194/05 elaborata dal gestore (rif. Normativo 2022)
Ferroviaria	Ferrovie Sud Est	Nessuna comunicazione su gestione di assi principali
Ferroviaria	Ferrotramviaria	Ferrotramviaria – Mappatura acustica ai sensi del D.Lgs 194/05 elaborata dal gestore (rif. normativo 2022)
Ferroviaria	Ferrovie Appulo Lucane	Il gestore ha dichiarato di non avere in gestione assi principali ex D.Lgs. 194/05

Tabella 5.13: Suddivisione delle infrastrutture stradali e ferroviarie per gestori e dati disponibili ex D.Lgs 194/05 per l'agglomerato di Bari

Dall'integrazione tra le mappature aggiornate delle infrastrutture principali e quelle non principali sono stati prodotti i seguenti risultati:

- Mappatura in formato grafico riportante le superfici e le curve isolivello relative al rumore derivante dall'insieme di tutte le sorgenti presenti nell'agglomerato di Bari (*all sources*);

- Popolazione esposta al rumore per tipologia di sorgente (*strade, ferrovie, aeroporto, insediamenti industriali e porto*);
- Popolazione esposta al rumore derivante dall'insieme di tutte le sorgenti presenti nell'agglomerato di Bari (*all sources*).

In merito al primo punto, l'integrazione dei dati trasmessi dai gestori è stata effettuata attraverso il metodo della somma energetica dei singoli contributi di L_{den} ed L_{night} relativi alle diverse sorgenti mappate. Utilizzando le griglie punti e/o le curve isolivello dei due indicatori, in ambiente GIS è stata ricavata la griglia derivante dal totale delle sorgenti presenti nell'agglomerato. A partire da essa, sempre in ambiente GIS, sono state generate le curve e le aree isolivello richieste dalla normativa.

Per quanto concerne il calcolo degli esposti per tipologia di sorgente e per *l'all sources* le griglie pre-elaborate in ambiente GIS relative alle sole sorgenti principali mappate dai gestori sono state importate nel software di simulazione CadnaA, all'interno del quale è stata effettuata la somma energetica per entrambi i descrittori L_{den} e L_{night} tra i punti griglia delle mappature dei gestori e i punti in facciata calcolati con il software CadnaA.

Entrambe le procedure di calcolo sono comunque approfondite al Paragrafo 5.

Nei paragrafi che seguono si riporta sinteticamente il contenuto della documentazione prodotta dagli enti gestori di infrastrutture principali con riferimento agli obblighi previsti dal D.Lgs. 194/05.

5.5.1 Mappatura acustica presentata da ANAS

Relativamente all'agglomerato di Bari, lo studio ha riguardato la SS96 e la SS16.

In riferimento ad essi il gestore, con nota ufficiale trasmessa al MiTE, alla Regione Puglia e alla scrivente Agenzia, ha comunicato che *“non avendo ancora potuto procedere alla realizzazione delle opere del Piano [Piano di Contenimento e Abbattimento del Rumore n.d.r.], si deve ritenere che la situazione delineata dalle Mappature Acustiche a suo tempo redatte e consegnate non sia sostanzialmente mutata, e quindi essa vada considerata ancora vigente”*.

Pertanto, per l'integrazione delle mappature acustiche delle infrastrutture in gestione ad Anas sono stati utilizzati i dati già trasmessi nell'ambito del precedente ciclo di scadenze normative, di cui si richiamano i contenuti e i risultati in termini di esposizione al rumore.

La documentazione trasmessa in quella occasione conteneva:

- Relazione generale (formato pdf);

- Quadro unione assi stradali principali (tavola formato A3, file pdf);
- Mappa L_{den} (tavole formato A3, scala 1:5.000, file pdf);
- Mappa L_{night} (tavole formato A3, scala 1:5.000, file pdf);
- Griglia punti (formato excel). Per il tratto della SS96 il grigliato è formato da una maglia a passo 10 per 10 metri, corridoio di 250 metri per lato dall'asse stradale, valori L_{den} e L_{night} calcolati a 4 metri di altezza; per la SS16 la griglia si riferisce a punti ricettori in facciata degli edifici situati nel corridoio di 250 metri per lato dall'asse stradale, valori L_{den} e L_{night} calcolati a 4 metri di altezza;
- Confine agglomerato (formato shapefile);
- Asse stradale principale (formato shapefile);
- Curve Isolivello L_{den} e L_{night} calcolati a 4 metri di altezza, negli intervalli previsti dalla normativa (formato shapefile);
- Aree L_{den} negli intervalli previsti dalla normativa (formato shapefile);
- Aree L_{night} negli intervalli previsti dalla normativa (formato shapefile);
- Data flow 5--8 (format excel) per gli assi stradali con traffico superiore ai 3 mln di veicoli.

In relazione al contributo di popolazione esposta ai livelli L_{den} ed L_{night} , sono stati considerati i risultati presentati dal gestore ed inseriti nel relativo dataflow DF8.

Nella Tabella 5.14 è riportato il numero di persone esposte per ogni infrastruttura.

STRADA	Numero di persone esposte a livelli di L_{den} [dB(A)]				
	55-59	60-64	65-69	70-74	>75
SS16	73	125	226	20	12
SS96	0	1	3	3	1
TOTALE	73	126	229	23	13
STRADA	Numero di persone esposte a livelli di L_{night} [dB(A)]				
	50-54	55-59	60-64	65-69	>70
SS16	96	113	195	10	9
SS96	1	2	1	3	1
TOTALE	97	115	196	13	10

Tabella 5.14: Numero di persone esposte ai livelli di L_{den} e L_{night} – ANAS

5.5.2 Mappatura acustica presentata da Autostrade per l'Italia

Relativamente all'agglomerato di Bari, Autostrade per l'Italia, secondo quanto previsto dalla normativa vigente entro il 31 gennaio 2022, ha trasmesso la

documentazione di aggiornamento delle mappature acustiche riguardanti il tratto dell'A14 ricadente all'interno dei confini amministrativi. La documentazione prodotta contiene:

- Reporting Mechanism DF4_8 in formato Excel contenente i descrittori acustici dell'area di studio suddivisi per asse stradale;
- Shape files relativi agli assi stradali principali con traffico superiore ai 3 milioni di veicoli all'anno;
- Shape files relativi al confine dell'agglomerato;
- Shape files relativi all'edificato;
- Shape files relativi agli interventi di mitigazione acustica esistenti;
- Shape files relativi alle coperture orizzontali esistenti;
- Shape files dei punti relativi ai livelli di esposizione alle facciate;
- Shape files relativi ai punti di calcolo della griglia equi-spaziata 10X10 m con i livelli Lden e Lnight;
- Shape files relativi ai dati caratteristici delle sorgenti stradali inserite nel modello;
- Shape files delle aree relative ai livelli Lden;
- Shape files delle aree relative ai livelli Lnight;
- Shape files delle curve isofoniche relative ai livelli Lden;
- Shape files delle curve isofoniche relative ai livelli Lnight;
- Relazione tecnica esplicativa delle Metodologie di Calcolo e di Analisi in conformità al DLgs 194/2005;
- Metadato descrittivo della Relazione tecnica esplicativa delle Metodologie di Calcolo e di Analisi in conformità al DLgs 194/2005.

I dati relativi alla popolazione esposta all'infrastruttura gestita da Autostrade per l'Italia sono stati desunti dal dataflow DF4 consegnato dal gestore e riportati in Tabella 5.15.

A14 – Agglomerato di Bari	Numero di persone esposte a livelli di L _{den} [dB(A)]					
	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	>75
	0	0	0	0	0	0
A14 – Agglomerato di Bari	Numero di persone esposte a livelli di L _{night} [dB(A)]					
	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	>70
	0	0	0	0	0	0

Tabella 5.15: Numero di persone esposte ai livelli di L_{den} e L_{night}, arrotondate al centinaio–
Autostrade per l'Italia

5.5.3 Mappatura acustica presentata da RFI

I dati aggiornati consegnati dal gestore sono di seguito elencati:

- *Mappe Georeferenziate*, in formato shape file, con gli assi ferroviari inclusi negli agglomerati, con le curve isofoniche relative a valori di L_{den} pari a 55 dB(A), 60 dB(A), 65 dB(A), 70 dB(A), 75 dB(A) e a valori di L_{night} pari a 50 dB(A), 55 dB(A), 60 dB(A), 65 dB(A), 70 dB(A) alla quota di 4 metri sul piano di campagna e con i confini degli agglomerati presi a riferimento;
- *Noise Directive Data Flows* contenenti i dati richiesti per le infrastrutture ferroviarie nel formato proposto dall'Eionet Data Dictionary (DD) redatto dall'European Environment Agency (EEA) e pubblicato sul sito internet <http://dd.eionet.europa.eu/datasets/>;
- *Metadati* relativi a ciascun documento allegato;
- *Dati di traffico* circolato giornaliero medio, relativo all'anno 2020, per ciascun asse ferroviario incluso all'interno degli agglomerati.

Anche in questo caso i dati di popolazione esposta (arrotondati al centinaio) sono stati ricavati dal file "NoiseDirectiveDF4_8_Bari", e riportati in Tabella 5.16.

RFI – Agglomerato di Bari	Numero di persone esposte a livelli di L_{den} [dB(A)]					
	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	>75
	-2	33700	22800	6000	3000	1200
RFI – Agglomerato di Bari	Numero di persone esposte a livelli di L_{night} [dB(A)]					
	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	>70
	-2	31600	16000	4100	2400	100

Tabella 5.16: Numero di persone esposte ai livelli di L_{den} e L_{night} , arrotondate al centinaio – RFI

5.5.4 Mappatura acustica presentata da Ferrotramviaria

Come disposto dall'art. 3, comma 4 del D.Lgs. 194/05 la società Ferrotramviaria S.p.a. ha trasmesso entro il 31 Gennaio 2022 l'aggiornamento della mappatura acustica per la porzione di infrastruttura principale ricadente nell'agglomerato di Bari, ovvero il tratto Bari Centrale – Bari Fesca S. Girolamo facente parte della linea Bari-Bitonto.

In particolare il gestore ha trasmesso la seguente documentazione

- Relazione tecnica descrittiva della mappatura degli assi di propria competenza (.pdf);
- Rappresentazione grafica in formato pdf della mappatura acustica riferita ai descrittori L_{den} e L_{night} per le tratte di propria competenza, in forma di aree isolivello per intervalli di 5 dB;
- Stima dell'esposizione ai livelli di rumore in fasce stabilite, espressa in termini di popolazione residente, edifici e superficie del territorio esposti;
- Dati di input utilizzati per l'elaborazione della mappatura, quali flussi di traffico, tipologia di convogli, lunghezza, tipo di sistema frenante, velocità, etc

In merito all'ultimo punto si specifica che i dati trasmessi dal gestore sono stati inseriti nel software previsionale CadnaA al fine di mappare il tratto principale di Ferrotramviaria ed integrarlo all'interno della Mappa acustica strategica dell'agglomerato.

In Tabella 5.17 è riportato il numero di persone esposte ai diversi intervalli di L_{den} e L_{night} , comunicati dal gestore, arrotondati al centinaio come da indicazioni del D.Lgs. 194/05.

FERROTRAMVIARIA – Agglomerato di Bari	Numero di persone esposte a livelli di L_{den} [dB(A)]					
	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	>75
	-	0	0	500	100	0
FERROTRAMVIARIA – Agglomerato di Bari	Numero di persone esposte a livelli di L_{night} [dB(A)]					
	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	>70
	-	0	100	200	0	0

Tabella 5.17: Numero di persone esposte ai livelli di L_{den} e L_{night} , arrotondate al centinaio – Ferrotramviaria

5.6 Incertezza nella predisposizione della mappa acustica strategica

Nella predisposizione della mappa acustica strategica dell'agglomerato di Bari, è necessario considerare varie fonti di incertezza, ciascuna legata ad una specifica fase di lavoro. Le maggiori incertezze sono legate alle operazioni di:

- Classificazione degli assi stradali;

- Monitoraggio acustico;
- Costruzione del modello di calcolo;
- Valutazione della popolazione esposta.

Nel seguito si riportano alcune considerazioni relative alle varie incertezze.

Classificazione degli assi stradali

La necessità di estendere i livelli di potenza sonora di un campione di assi stradali all'intera rete stradale cittadina introduce necessariamente un'incertezza nella attribuzione della potenza sonora ai vari assi. In base ai dati di cui siamo in possesso è possibile valutare la deviazione standard per ciascuna classe e nelle diverse fasce orarie, riportata nella seguente Tabella 5.18:

Categoria strade	Deviazione standard potenza sonora [dB]		
	Fascia oraria 06-20	Fascia oraria 20-22	Fascia oraria 22-06
1	1,5	1,8	2,2
2	1,6	2,0	2,4
3	2,4	3,1	3,1
4	2,5	2,4	2,8

Tabella 5.18: Deviazione standard dei livelli di potenza sonora associata agli assi stradali dell'agglomerato

Monitoraggio acustico

L'incertezza legata alla fase di monitoraggio acustico degli assi stradali va considerata in base ai fattori di seguito riportati:

1. *Incetezza strumentale*: dipende dalla classe di precisione dello strumento; per strumenti di classe 1 risulta dell'ordine di 0,5 dB(A) [15];
2. *Incetezza legata alle condizioni di misura (riproducibilità)*: è legata al posizionamento dello strumento, e dipende principalmente dalla distanza sorgente-ricettore, dalla distanza da superfici riflettenti (ad es. misure in facciata), dall'altezza dal suolo. Secondo quanto riportato nel documento UNI U20.00.135.1:2008 [15] è dell'ordine di 0,3 dB(A);
3. *Incetezza legata alla variabilità della sorgente* e delle sue caratteristiche di emissione: ad esempio la variabilità dei flussi di traffico stradale tra i giorni

feriali e quelli festivi; l'utilizzo di un unico valore comporta un errore dell'ordine di 1 dB(A) [13];

Modello di calcolo

L'incertezza globale legata al calcolo dei descrittori acustici richiesti dalla normativa all'interno di un modello di calcolo del rumore generato in ambiente esterno dipende da:

1. *Incertezza sui dati in ingresso del modello*, in particolare:
 - **dati di tipo acustico** (tipologia di sorgente, spettro di potenza sonora e direttività);
 - **dati di tipo geometrico** (andamento altimetrico dell'area, posizione ed andamento plano-altimetrico delle sorgenti, geometria di edifici e barriere acustiche);
 - **dati di tipo non geometrico** (caratteristiche fisiche di strade e infrastrutture ferroviarie, fattore di riflessione delle superfici di edifici e barriere acustiche, dati meteorologici, variazione oraria dei flussi di traffico, distribuzione della popolazione).
2. *Incertezza sul modello matematico*, determinata dai seguenti aspetti:
 - Insufficiente rappresentatività del modello matematico di base;
 - Procedure ambigue nel documento che descrive il modello;
3. *Incertezza sul modello software*, dovuta ad errori di implementazione delle equazioni base in un particolare software;
4. *Incertezza sull'output*, dovuta alle differenti tipologie di interpolazione delle curve isolivello rappresentate;
5. *Incertezza associata al modello costruito*, dipendente dalle fasi di calibrazione e validazione dello stesso.

Nel software CadnaA è possibile rappresentare il livello di accuratezza delle mappe di rumore in output. Esso dipende sostanzialmente da due fattori:

- Incertezza associata al livello di potenza sonora della sorgente, la quale dipende a sua volta delle incertezze legate al monitoraggio acustico e, per le sorgenti stradali, alla classificazione degli assi, come già descritto in precedenza;

- Incertezza legata alla simulazione della propagazione sonora da parte del modello acustico, che tiene conto della variabilità dei parametri utilizzati per la costruzione del modello (ad es. variazioni delle condizioni meteorologiche).

Quest'ultima fonte di incertezza dipende strettamente dalla distanza tra sorgente e ricettore e aumenta proporzionalmente e in maniera logaritmica all'aumentare di essa. La deviazione standard σ_D del modello associata alla propagazione del rumore è infatti rappresentata dalla seguente espressione:

$$\sigma_D = 3 \cdot \log_{10}(d/10)$$

dove d = distanza sorgente-ricettore

Volendo quindi fornire una stima dell'incertezza associata ai livelli di rumore mappati dal modello, si possono considerare due casi:

- Per distanze dalla sorgente inferiori a 10 m ($\sigma_D = 0$) l'incertezza è associata esclusivamente all'accuratezza delle diverse sorgenti (accuratezza delle misure strumentali e classificazione delle sorgenti stradali);
- Per distanze dalla sorgente superiori a 10 m ($\sigma_D > 0$) l'incertezza totale σ deriva dal contributo dell'incertezza sulla sorgente σ_s e dell'incertezza legata alla propagazione sonora σ_D ed è calcolabile attraverso la seguente espressione:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_D^2}$$

Per la mappatura relativa all'insieme delle sorgenti (overall sources) la stima del valore totale σ_s andrebbe effettuata componendo il contributo dell'incertezza legata a ciascuna singola sorgente σ_n , attraverso la seguente espressione [19]:

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (\sigma_n \cdot 10^{0,1 \cdot L_n})}{\sum_{n=1}^N 10^{0,1 \cdot L_n}}}$$

Dove L_n è il livello parziale calcolato al ricettore e associato all' n-esima sorgente.

Riuscire a comporre e quantificare per tutte le diverse sorgenti della mappatura il contributo di ogni singola incertezza, considerando la variabilità e l'interdipendenza dei diversi parametri da cui la stessa deriva, è una procedura particolarmente complessa, che difficilmente porterebbe ad un valore univoco in maniera attendibile. È però possibile stimare, a titolo esemplificativo ed in maniera orientativa, l'incertezza attribuibile al modello

relativamente al rumore delle sole sorgenti stradali che, come evidenziato ai paragrafi precedenti, è quella che fornisce il contributo più significativo alla mappa di rumore dell'agglomerato di Bari. Ipotizzando ad esempio che il contributo all'incertezza sul valore di potenza della sorgente sia associabile unicamente alla deviazione standard della classificazione degli assi stradali (trascorrendo quindi gli effetti derivanti dall'incertezza della catena strumentale), è possibile prevedere l'incertezza totale del modello di calcolo presso il ricettore. Nella figura seguente è riportata la mappa dell'incertezza sul valore L_{day} associata e ad una sola strada dell'agglomerato di Bari di classe 1, nel periodo di riferimento diurno, con deviazione standard sul valore di potenza sonora pari a 1,5 dB (cfr. Tabella 5.18).

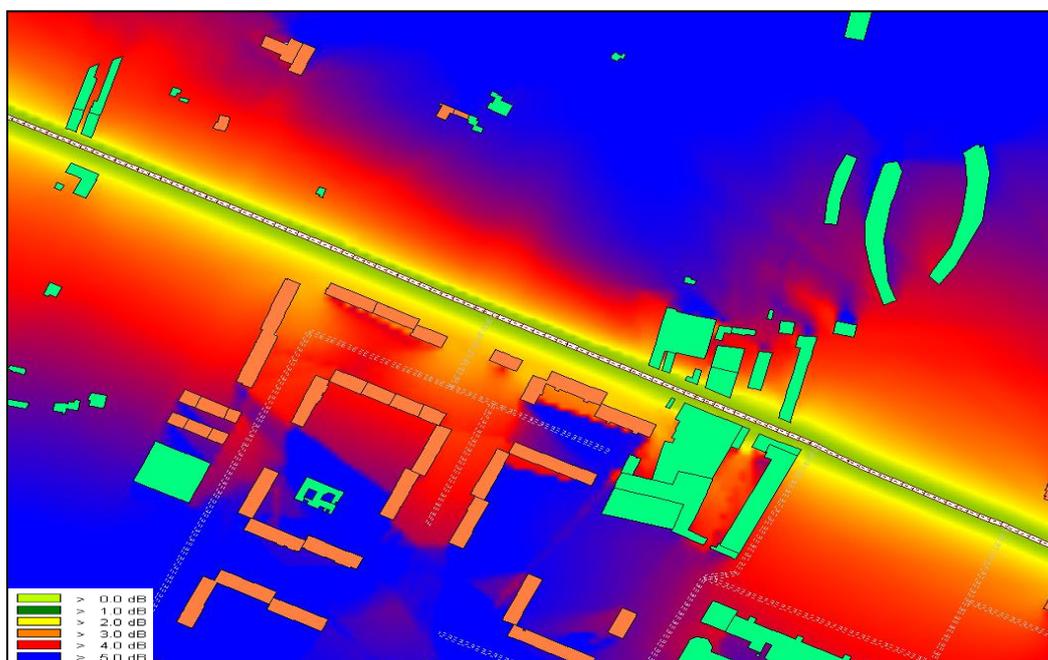


Figura 5.9 – Esempio di propagazione dell'incertezza nella modellazione del rumore stradale

Come è possibile osservare in figura, l'incertezza è contenuta entro i 3 dB nei primi 50-100 metri dalla sorgente, per poi crescere all'aumentare della distanza. Occorre specificare che a distanze elevate l'incidenza della specifica sorgente risulta tuttavia trascurabile rispetto alle sorgenti locali.

Valutazione della popolazione esposta

L'incertezza associata al numero di persone esposte a determinati livelli di rumore è strettamente collegata all'accuratezza con cui viene assegnata la popolazione agli edifici residenziali. Il metodo sviluppato e spiegato al paragrafo 5.1.1.2, che sfrutta la densità volumetrica abitativa fornita dai dati di censimento ISTAT del 2011, aggiornati con i dati

resi disponibili da ISTAT al 31/12/2021, è assimilabile al metodo di assegnazione degli abitanti riportato nella Toolkit della GPG (*Tool 19.1*), che fa uso della superficie abitativa come dato di partenza da distribuire poi all'interno di ogni singolo edificio. Secondo questo metodo, l'errore stimato in termini di esposizione al rumore è pari a 1 dB(A).

6 SINTESI DEI RISULTATI

L'allegato 6 del D.lgs 194/05 richiede la trasmissione del numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che vivono nelle abitazioni esposte a livelli di L_{den} in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta compresi tra 55-59, 60-64, 65-69, 70-74 e maggiori di 75; per i livelli L_{night} i valori in dB compresi tra 50-54, 55-59, 60-64, 65-69 e i valori maggiori di 70. L'arrotondamento dei dati richiesti non è stato effettuato in base alle indicazioni delle Specifiche Tecniche elaborate dal MiTE a marzo 2022 [20].

Gli esposti alle fasce di rumore richieste sono stati stimati relativamente ai seguenti tre scenari:

- Popolazione esposta a livelli L_{den} e L_{night} generati dalle infrastrutture principali (*major roads, major railways*);
- Popolazione esposta a livelli L_{den} e L_{night} distinti per tipologia di sorgente (infrastrutture stradali, infrastrutture ferroviarie, aeroporti e insediamenti industriali compreso il porto);
- Popolazione esposta a livelli L_{den} e L_{night} generati dal rumore di tutte le sorgenti attive (*all sources*) nell' agglomerato di Bari.

Nel primo caso (rumore generato dalle sole infrastrutture principali), il numero degli esposti è stato ricavato a partire dalle mappature consegnate da ANAS e ASPI per le strade e da RFI e Ferrotramviaria per le ferrovie, importate in CadnaA come griglia punti 5x5 metri, da cui è stato estratto il valore del livello sonoro da associare ai punti in facciata attorno all'edificio, dopo aver scorporato il contributo energetico dovuto alla riflessione in facciata, pari a 3 dB.

Nel secondo e nel terzo caso (rumore distinto per tipologia di sorgente e rumore derivante da tutte le sorgenti attive) è stata effettuata la somma energetica tra le mappe fornite dagli enti gestori di infrastrutture principali e i livelli ottenuti dalle simulazioni acustiche operate dal software CadnaA per le infrastrutture non principali. Nello specifico il metodo applicato ha previsto:

1. Importazione in CadnaA delle mappature acustiche per gli indicatori L_{den} e L_{night} consegnate dai gestori di infrastrutture principali, sotto forma di griglia punti 5x5 metri, ridotte di 3 dB, valore pari al contributo derivante dalla riflessione in facciata presso il ricettore (come richiesto dal D.Lgs 194/05);
2. Sovrapposizione dei punti in facciata calcolati preventivamente in CadnaA per le infrastrutture non principali (come descritto nei paragrafi precedenti per ogni tipologia di sorgente sonora) con le mappature importate;
3. Calcolo della somma energetica tra i punti in facciata ad ogni edificio ed il corrispondente valore (già decurtato di 3 dB) ricavato dalle mappature sottostanti, sia per L_{den} che per L_{night} .

Per il calcolo della popolazione esposta alle sole sorgenti principali, è stato dapprima lanciato un calcolo in facciata avendo preventivamente disattivato tutte le sorgenti di rumore presenti nel modello e successivamente ai punti in facciata è stato attribuito il valore ricavato dalle mappature acustiche delle sorgenti principali di cui al punto 1.

Al termine dell'operazione, ad ogni edificio sono risultati quindi associati un certo numero di punti contenenti il livello di rumore espresso attraverso gli indici L_{den} e L_{night} , derivanti dalla somma del rumore generato dalle infrastrutture principali e quelle non principali (Figura 6.1 (c)).

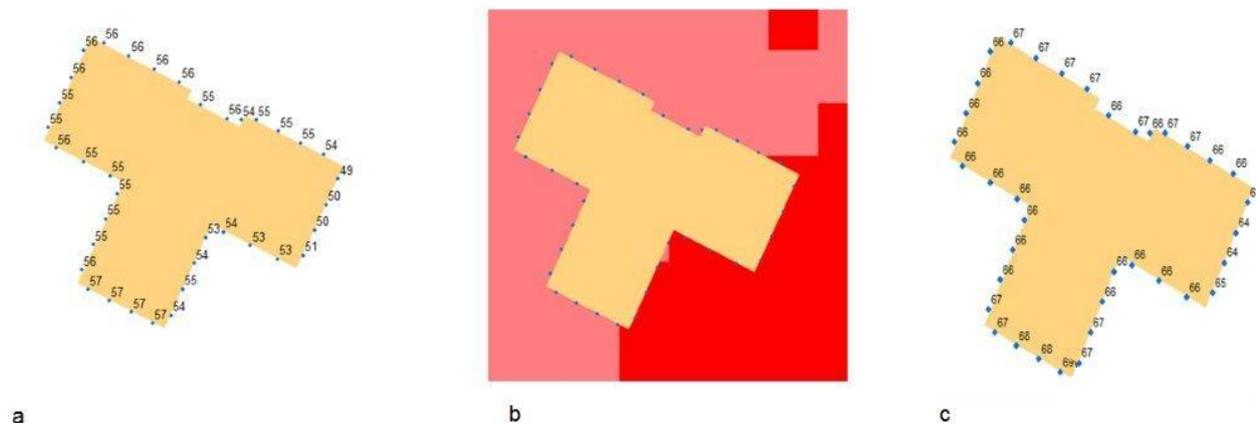


Figura 6.1 – Somma energetica di mappe acustiche in ambiente CadnaA: a) calcolo dei livelli L_{den} e L_{night} in facciata; b) integrazione dei punti in facciata con le mappature delle infrastrutture principali; c) somma energetica sui punti in facciata

L'associazione tra popolazione residente e i livelli di rumore calcolati in facciata è stata effettuata come già descritto al paragrafo 5.1.5, mentre il calcolo degli esposti è stato eseguito richiamando in CadnaA il comando “*Object-scan*”, con opzione “*EU 2021/1226>Popolazione in classi di livello (Mediana)*”.

Occorre segnalare che in tutti i casi non vi è mai perfetta corrispondenza tra il dato sulla popolazione esposta dichiarato dai gestori e quello risultante dalle somme energetiche effettuate da Arpa Puglia.

Tale discordanza è con tutta probabilità da attribuire ai seguenti aspetti o alla loro combinazione:

1. Diversa attribuzione di popolazione agli edifici da parte del gestore;
2. Differente metodologia di calcolo degli esposti da parte del gestore che molto spesso si è limitato alla fascia di pertinenza delle proprie infrastrutture;
3. Riduzione energetica pari a 3 dB del contributo della riflessione in facciata dalle mappature del gestore;
4. Costruzione dei modelli di calcolo e software di simulazione differenti tra gestori e ARPA Puglia.

Nei paragrafi che seguono è riportato, per ogni tipologia di sorgente e per tutte le sorgenti (*allSources*), il numero di persone esposte e di edifici distinti per destinazione d'uso agli intervalli di L_{den} e L_{night} espresso in unità, come esplicitamente richiesto dalle Linee Guida del MiTE relative alla stesura delle relazioni per le MAS [21].

6.1 Infrastrutture stradali

Il numero totale di persone esposte, al rumore da traffico veicolare all'interno dell'agglomerato di Bari, è indicato nelle tabelle e grafici di seguito riportati.

In Tabella 6.1 sono riportati i risultati in termini di esposizione della popolazione, degli edifici e della superficie dell'agglomerato al rumore prodotto dalle infrastrutture principali (*Major Roads*) note ad Arpa Puglia, ricavato mediante calcolo in facciata in ambiente CadnaA a partire dalle mappature a 4 m di ANAS e Autostrade per l'Italia, unici gestori noti di infrastrutture principali nell'agglomerato. La differenza di esposti rispetto al dato del gestore è da attribuirsi con tutta probabilità ad uno degli aspetti richiamati al paragrafo 6, oltre al mancato aggiornamento delle mappature ANAS con i nuovi metodi di calcolo introdotti dagli aggiornamenti alla Direttiva 2002/49/CE (Cfr. Par. 5.5.1).

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [Km ²]
Intervalli Lden	55-59	3057	370	2	0	1,55
	60-64	2060	291	5	0	2,66
	65-69	1129	140	0	0	2,42
	70-74	135	44	1	0	2,31
	>75	0	0	0	0	0,14
Intervalli Lnight	50-54	2700	374	5	0	2,18
	55-59	1928	244	2	0	2,70
	60-64	300	63	0	0	1,79
	65-69	49	16	1	0	1,62
	> 70	0	0	0	0	0,01

Tabella 6.1: Popolazione, edifici residenziali, edifici sensibili e superficie esposti ai livelli di L_{den} e L_{night} generato dalle infrastrutture principali – Rumore emesso dal traffico veicolare sulle *Major Roads*

In Tabella 6.2 è stato invece inserito il numero totale di persone esposte, indipendentemente dai flussi di traffico stradale delle stesse infrastrutture.

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [Km ²]
Intervalli Lden	55-59	69363	5014	36	5	19,50
	60-64	95769	6690	65	3	15,24
	65-69	47850	3884	12	0	6,08
	70-74	857	192	1	0	3,04
	>75	17	12	0	0	0,74
Intervalli Lnight	50-54	86153	5403	54	4	19,55
	55-59	78007	6412	32	1	9,33
	60-64	6690	652	3	0	3,16
	65-69	158	60	1	0	2,42
	> 70	0	0	0	0	0,08

Tabella 6.2: Popolazione, edifici residenziali, edifici sensibili e superficie esposti ai livelli di L_{den} e L_{night} – Rumore emesso dal traffico veicolare

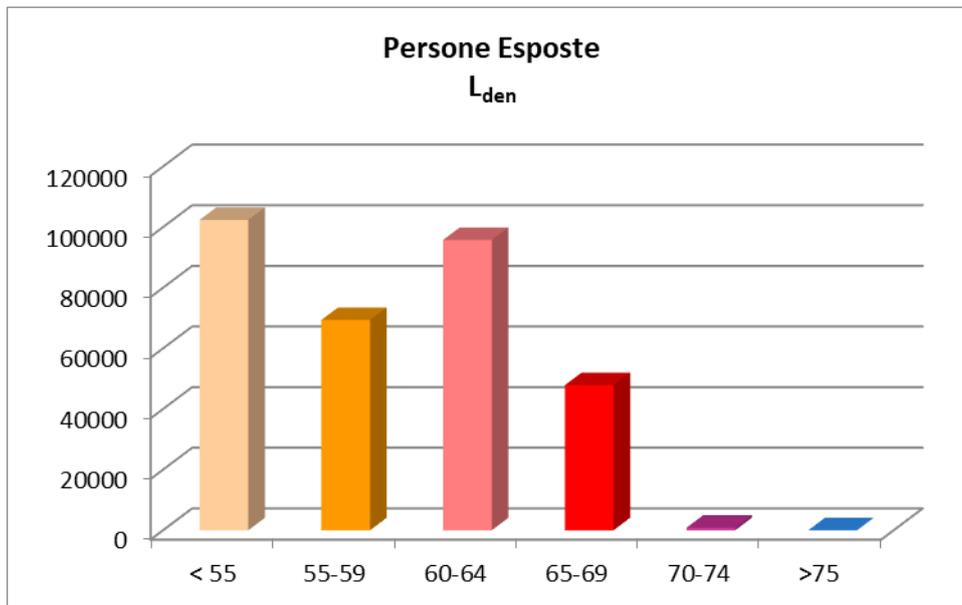


Figura 6.2 – Numero totale di persone esposte al rumore da traffico veicolare – L_{den} per classe di esposizione

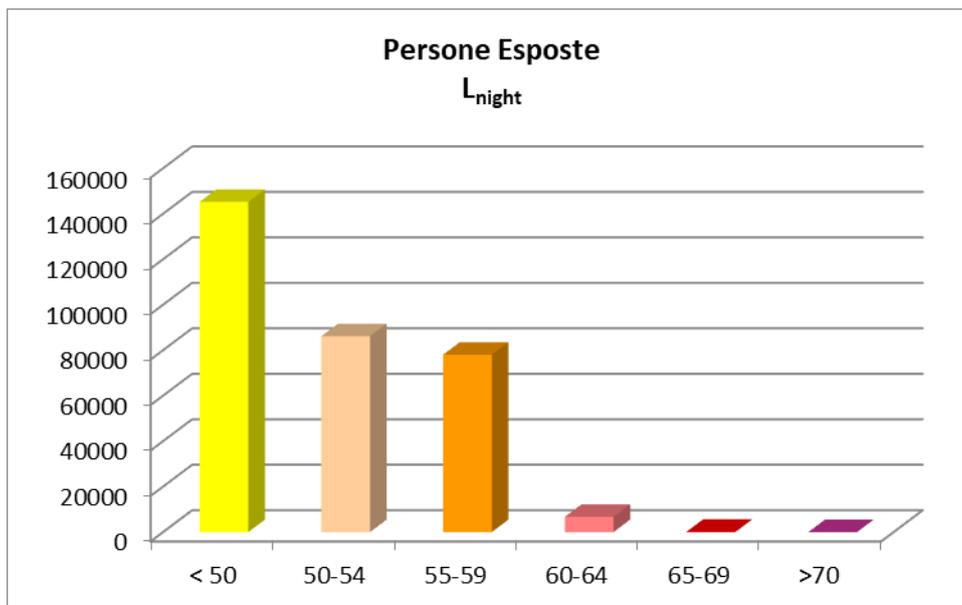


Figura 6.3 – Numero totale di persone esposte al rumore da traffico veicolare – L_{night} per classe di esposizione

Percentuale di persone esposte a livelli di L_{den} [dB(A)]						
< 55	55-59	60-64	65-69	70-74	>75	TOT
32%	22%	30%	15%	0%	0%	100%

Percentuale di persone esposte a livelli di L_{night} [dB(A)]						
< 50	50-54	55-59	60-64	65-69	>70	TOT
46%	27%	25%	2%	0%	0%	100%

Tabella 6.3: Percentuale di persone esposte ai livelli di L_{den} e L_{night} – Rumore emesso dal traffico veicolare

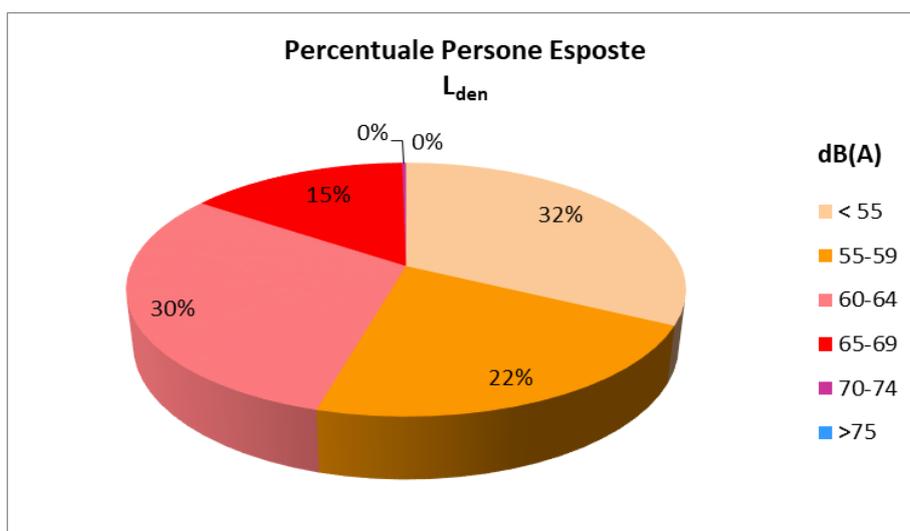


Figura 6.4 – Percentuale di persone esposte al rumore da traffico veicolare – L_{den} per classe di esposizione

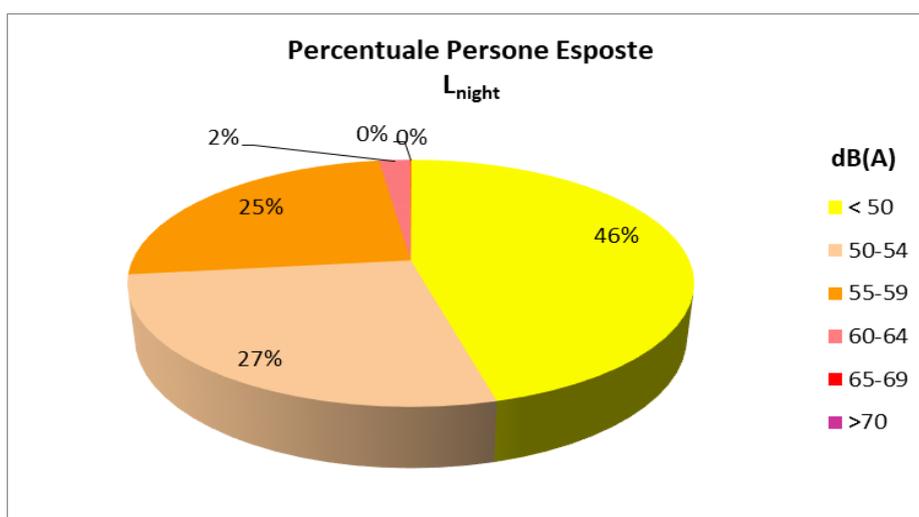


Figura 6.5 – Percentuale di persone esposte al rumore da traffico veicolare – L_{night} per classe di esposizione

6.2 Infrastrutture ferroviarie

Il numero totale di persone esposte al rumore da traffico ferroviario all'interno dell'agglomerato di Bari è indicato nelle tabelle e grafici di seguito riportati.

I dati inseriti in Tabella 6.4 rappresentano la popolazione, gli edifici residenziali, gli edifici sensibili e la superficie dell'agglomerato esposti al rumore prodotto dalle infrastrutture ferroviarie principali (*Major Railways*) di RFI e Ferrotramviaria, ricavato mediante calcolo in facciata in ambiente CadnaA a partire dalle mappature consegnate dai gestori.

Occorre inoltre evidenziare che i valori di popolazione esposta riportati in Tabella 6.4 sono significativamente differenti da quelli presentati dai singoli gestori principali; tale discordanza è probabilmente dovuta agli aspetti richiamati al paragrafo 6.

In Tabella 6.5 è stato invece inserito il numero totale di persone esposte a tutta la rete di infrastrutture ferroviarie, senza distinzioni tra infrastrutture principali e non principali.

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie Esposta [Km ²]
Intervalli Lden	55-59	22751	2298	9	0	8,26
	60-64	7389	811	3	0	6,16
	65-69	2055	222	3	0	2,68
	70-74	753	118	0	1	1,58
	>75	0	0	0	0	0,01
Intervalli Lnight	50-54	19109	1932	4	0	7,07
	55-59	4060	411	6	0	4,17
	60-64	1471	141	0	1	2,10
	65-69	194	64	0	0	0,71
	> 70	0	0	0	0	0,01

Tabella 6.4: Popolazione, edifici residenziali, edifici sensibili e superficie esposti ai livelli di L_{den} e L_{night} generato dalle infrastrutture principali – Rumore emesso dal traffico ferroviario sulle *Major Rails*

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie Esposta [Km ²]
Intervalli Lden	55-59	22410	2304	9	0	8,91
	60-64	7500	817	3	0	6,38
	65-69	2065	223	3	0	2,74
	70-74	754	118	0	1	1,60
	>75	0	0	0	0	0,02
Intervalli Lnight	50-54	19322	1951	4	0	7,26
	55-59	4091	409	6	0	4,28
	60-64	1460	141	0	1	2,13
	65-69	191	64	0	0	0,73
	> 70	0	0	0	0	0,01

Tabella 6.5: Popolazione, edifici residenziali, edifici sensibili e superfici esposti ai livelli di L_{den} e L_{night} – Rumore emesso dal traffico ferroviario

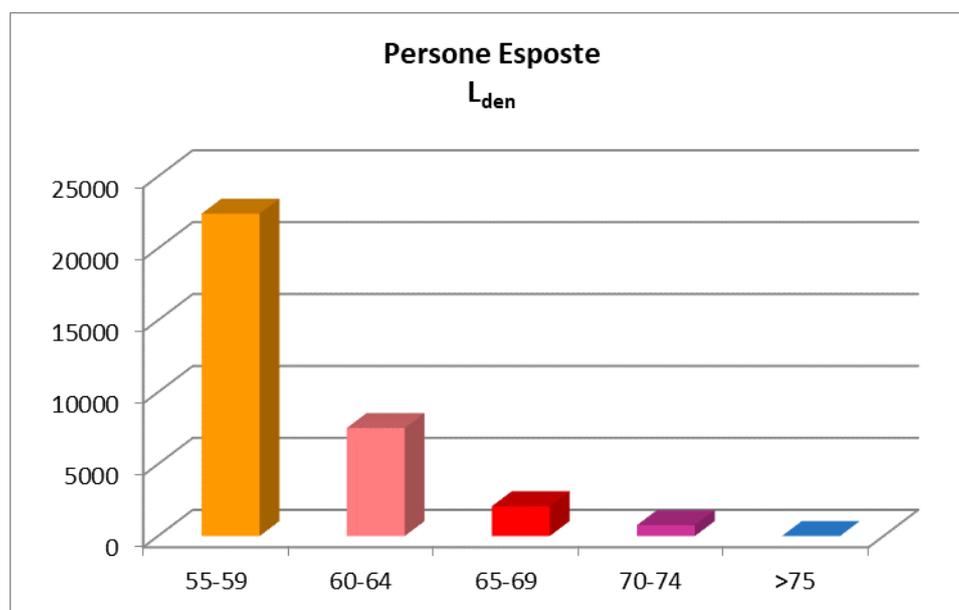


Figura 6.6 – Numero di persone esposte al rumore da traffico ferroviario – L_{den} per classe di esposizione

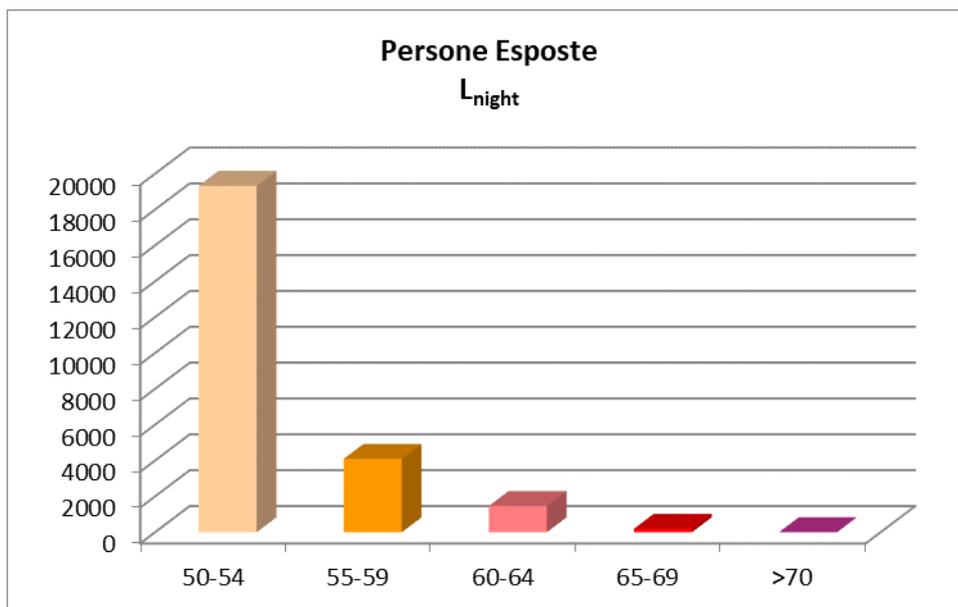


Figura 6.7 – Numero totale di persone esposte al rumore da traffico ferroviario – L_{night} per classe di esposizione

Percentuale di persone esposte a livelli di L_{den} [dB(A)]					
55-59	60-64	65-69	70-74	>75	TOT
68%	23%	6%	2%	0%	100%
Percentuale di persone esposte a livelli di L_{night} [dB(A)]					
50-54	55-59	60-64	65-69	>70	TOT
77%	16%	6%	1%	0%	100%

Tabella 6.6: Percentuale di persone esposte ai livelli di L_{den} e L_{night} – Rumore emesso dal traffico ferroviario

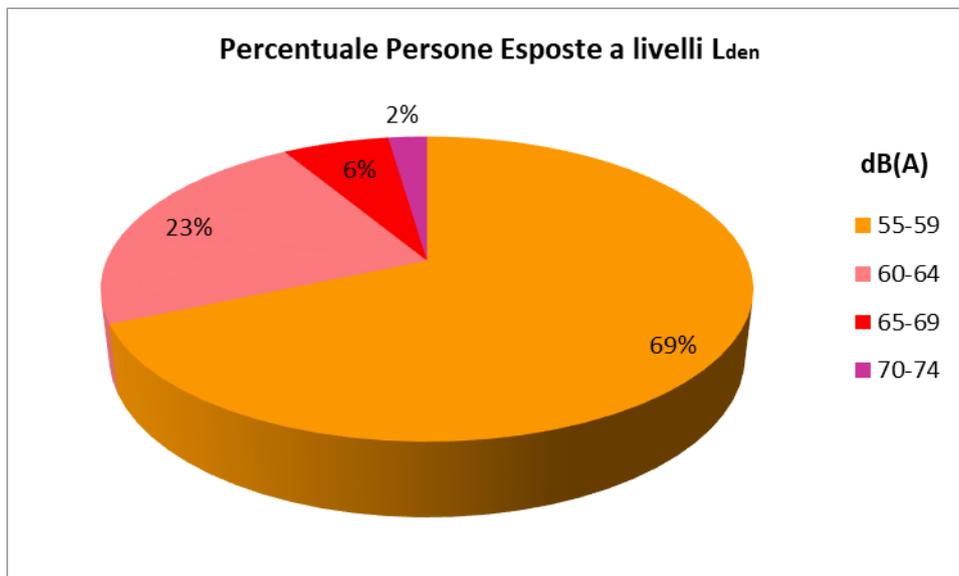


Figura 6.8 – Percentuale di persone esposte al rumore da traffico ferroviario – L_{den} per classe di esposizione

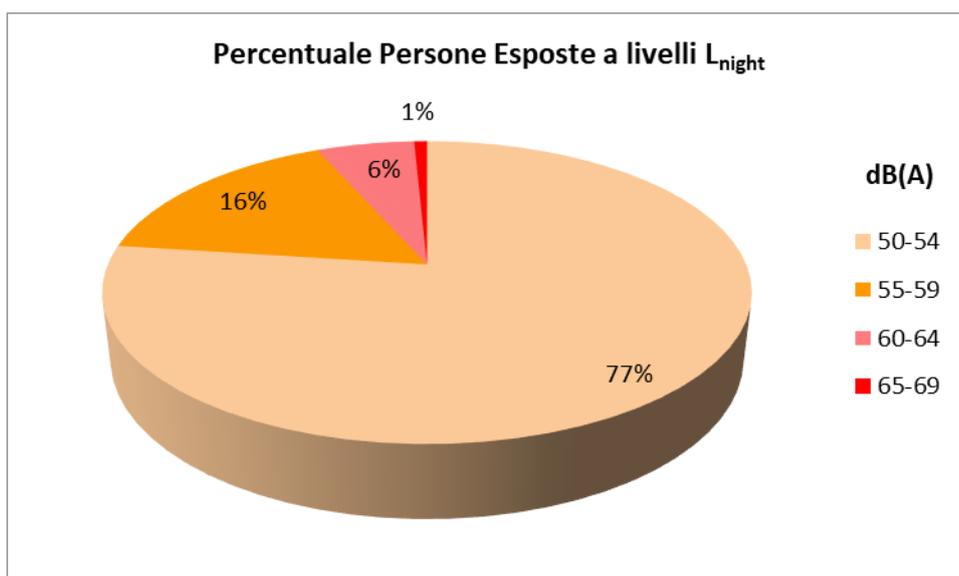


Figura 6.9 – Percentuale di persone esposte al rumore da traffico ferroviario – L_{night} per classe di esposizione

6.3 Siti di attività industriale e porto

Il numero totale di persone, edifici residenziali, edifici sensibili e superficie esposti al rumore prodotto dai siti di attività industriale include gli esposti al rumore generato dal porto, così come indicato nell'allegato 4, paragrafo 3, punto d) del D. Lgs. 194/05. Esso è riportato nella Tabella 6.7.

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [km ²]
Intervalli Lden	55-59	310	60	2	0	2,34
	60-64	52	10	0	0	0,80
	65-69	1	1	0	0	0,36
	70-74	0	0	0	0	0,15
	>75	0	0	0	0	0,03
Intervalli Lnight	50-54	64	30	0	0	1,84
	55-59	2	2	0	0	0,52
	60-64	0	1	0	0	0,24
	65-69	0	0	0	0	0,11
	> 70	0	0	0	0	0,03

Tabella 6.7: Popolazione, edifici residenziali, edifici sensibili e superficie esposti ai livelli di L_{den} e L_{night} – Rumore emesso dai siti di attività industriale, incluso il porto

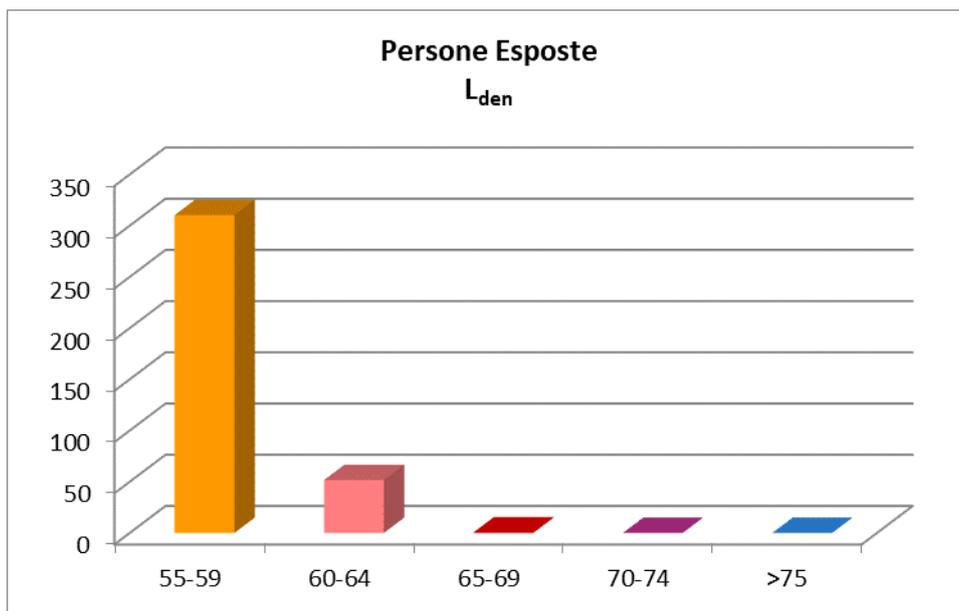


Figura 6.10 – Numero di persone esposte al rumore da insediamenti industriali e porto – L_{den} per classe di esposizione

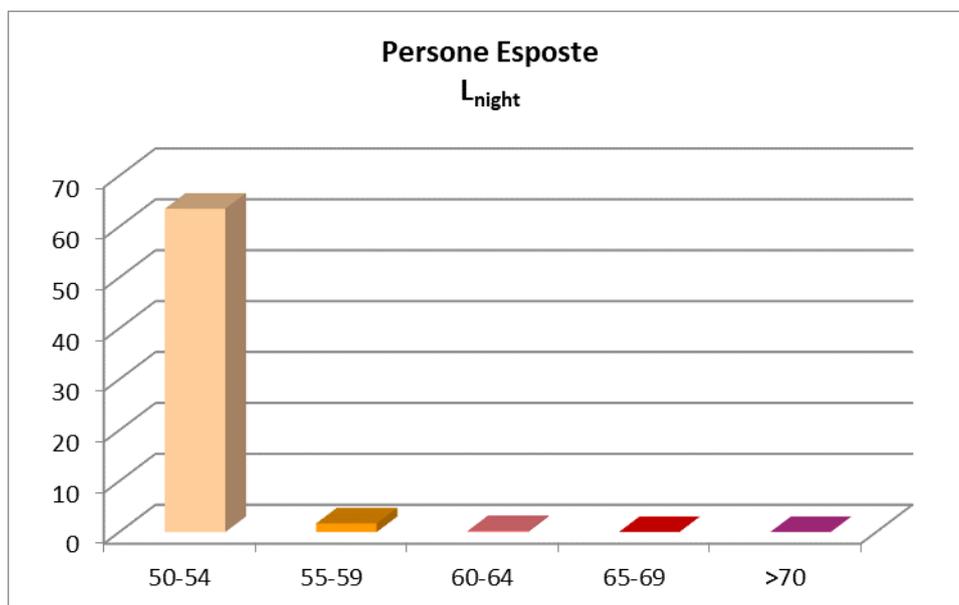


Figura 6.11 – Numero di persone esposte al rumore da insediamenti industriali e porto – L_{night} per classe di esposizione

6.4 Aeroporto

Nella Tabella 6.8 riportati i risultati in termini di residenti esposti agli intervalli di L_{den} e L_{night} , dovuti alla sorgente aeroportuale. Come nei casi precedenti sono inoltre riportati gli edifici esposti, distinti per destinazione d'uso, nonché la superficie esposta in km^2 .

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [km ²]
Intervalli L_{den}	55-59	1389	358	0	0	2,28
	60-64	309	78	0	0	1,86
	65-69	1	1	0	0	0,79
	70-74	0	0	0	0	0,39
	>75	0	0	0	0	0,87
Intervalli L_{night}	50-54	748	177	0	0	2,31
	55-59	72	20	0	0	1,18
	60-64	0	0	0	0	0,41
	65-69	0	0	0	0	1,04
	> 70	0	0	0	0	0

Tabella 6.8: Popolazione, edifici residenziali, edifici sensibili e superficie esposti ai livelli di L_{den} e L_{night} – Rumore emesso dalla sorgente aeroportuale

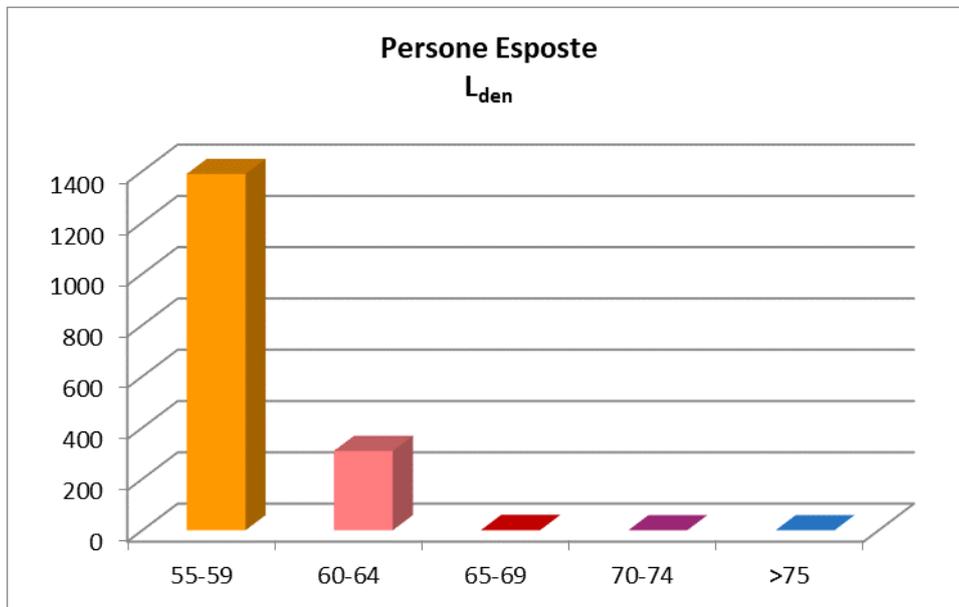


Figura 6.12 – Numero di persone esposte al rumore da traffico aereo – L_{den} per classe di esposizione

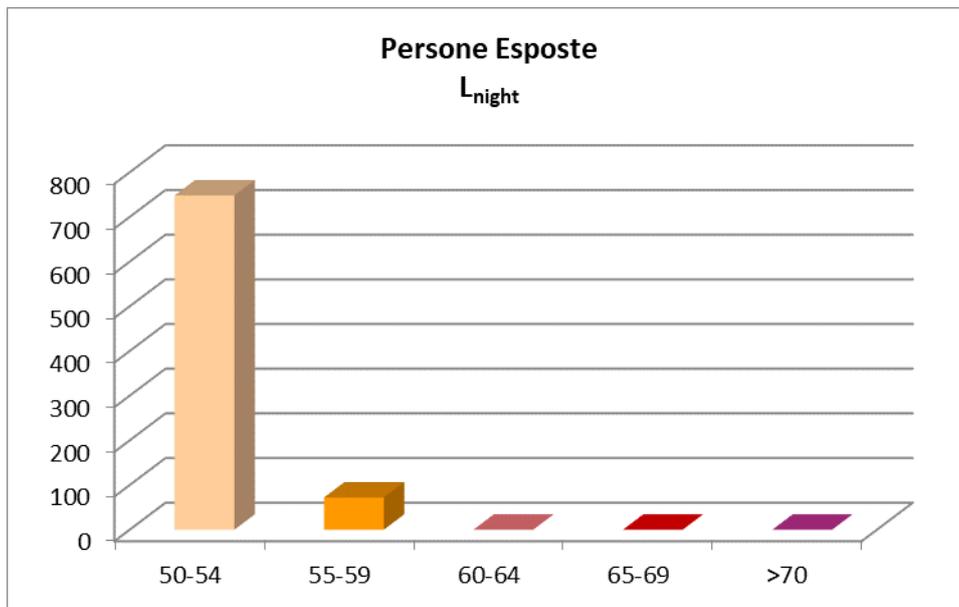


Figura 6.13 – Numero di persone esposte al rumore da traffico aereo – L_{night} per classe di esposizione

Percentuale di persone esposte a livelli di L_{den} [dB(A)]					
55-59	60-64	65-69	70-74	>75	TOT
82%	18%	0%	0%	0%	100%
Percentuale di persone esposte a livelli di L_{night} [dB(A)]					
50-54	55-59	60-64	65-69	>70	TOT
91%	9%	0%	0%	0%	100%

Tabella 6.9 - Percentuale di persone esposte ai livelli di L_{den} e L_{night} – Rumore emesso dal traffico aereo

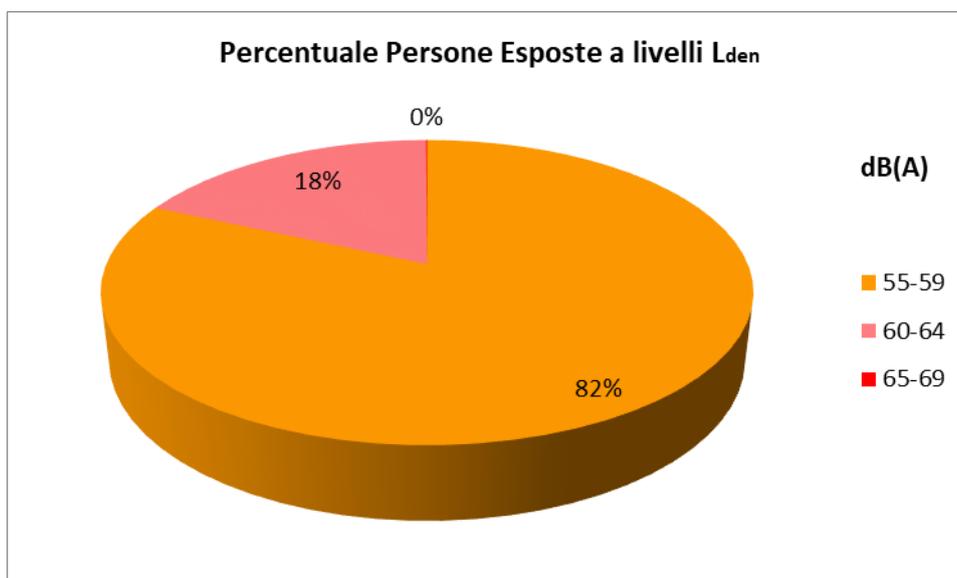


Figura 6.14 – Percentuale di persone esposte al rumore da traffico aereo – L_{den} per classe di esposizione

6.5 Esposizione al rumore globale (*all sources*)

In Tabella 6.10 è riportata la popolazione, gli edifici e la superficie esposti a livelli di rumore L_{den} e L_{night} per effetto della sovrapposizione di tutte le sorgenti attive nell'agglomerato urbano.

La popolazione esposta ed il numero di edifici, distinti per destinazione d'uso, è riportato con il valore esatto, come espressamente richiesto dalle Linee Guida del MiTE relative alla stesura delle relazioni per le MAS [21].

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [km ²]
Intervalli Lden	55-59	72970	5255	31	5	21,57
	60-64	100038	7193	69	3	19,52
	65-69	51989	4459	16	0	8,99
	70-74	2447	373	1	1	3,61
	>75	15	10	0	0	1,69
Intervalli Lnight	50-54	91007	5905	49	4	22,36
	55-59	83160	7062	35	1	16,16
	60-64	11870	1159	8	1	6,45
	65-69	1470	260	0	0	4,50
	> 70	132	44	1	0	0,23

Tabella 6.10: Popolazione, edifici e superficie esposti ai livelli di L_{den} e L_{night} – All sources

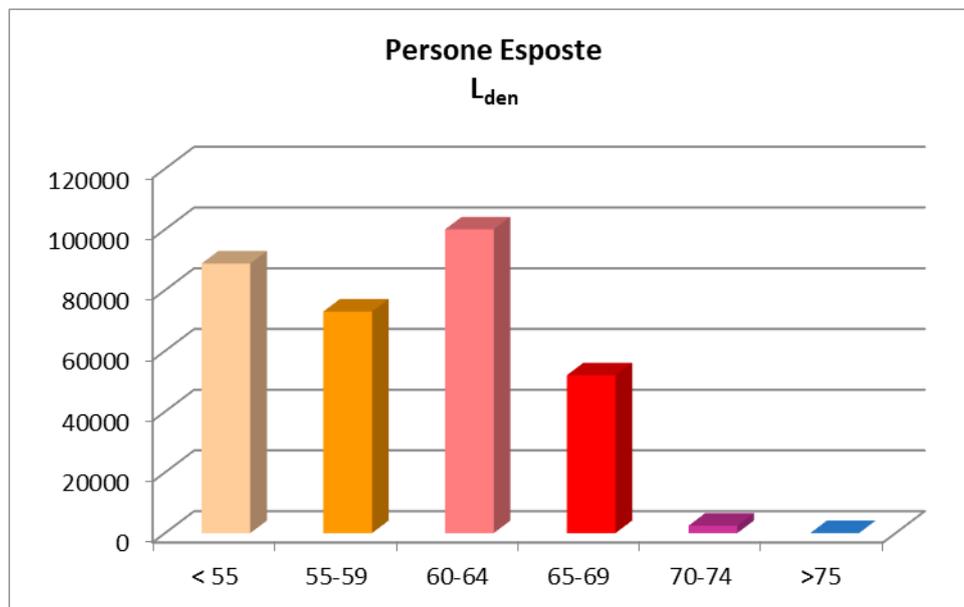


Figura 6.15 – Numero di persone esposte al rumore di tutte le sorgenti - L_{den} per classe di esposizione

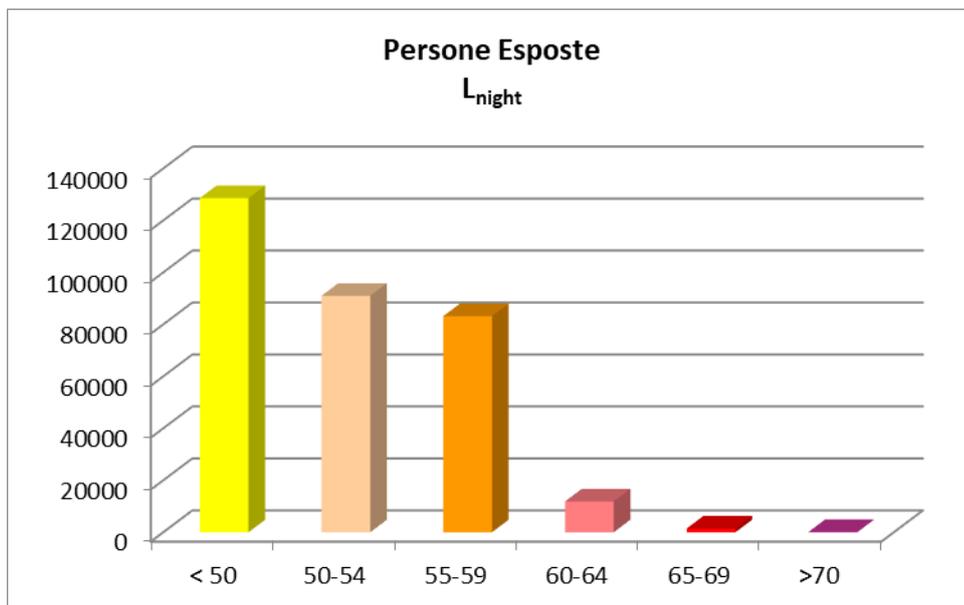


Figura 6.16 – Numero di persone esposte al rumore di tutte le sorgenti – L_{night} per classe di esposizione

Percentuale di persone esposte a livelli di L _{den} [dB(A)]						
< 55	55-59	60-64	65-69	70-74	>75	TOT
28%	23%	32%	16%	1%	0%	100%

Percentuale di persone esposte a livelli di L _{night} [dB(A)]						
< 50	50-54	55-59	60-64	65-69	>70	TOT
41%	29%	26%	4%	0%	0%	100%

Tabella 6.11: Percentuale di persone esposte ai livelli di L_{den} e L_{night} – Rumore emesso da tutte le sorgenti attive

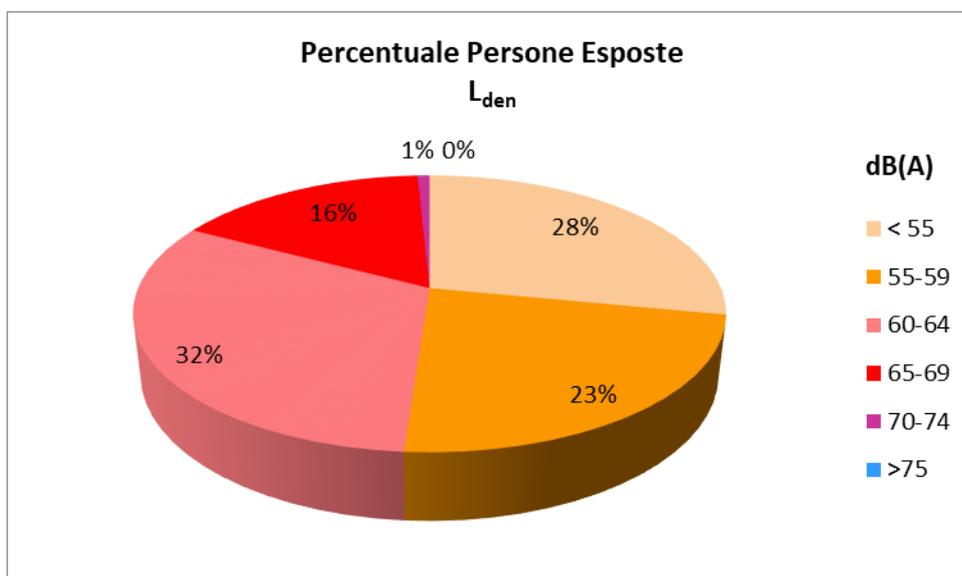


Figura 6.17 – Percentuale di persone esposte al rumore di tutte le sorgenti attive – L_{den} per classe di esposizione

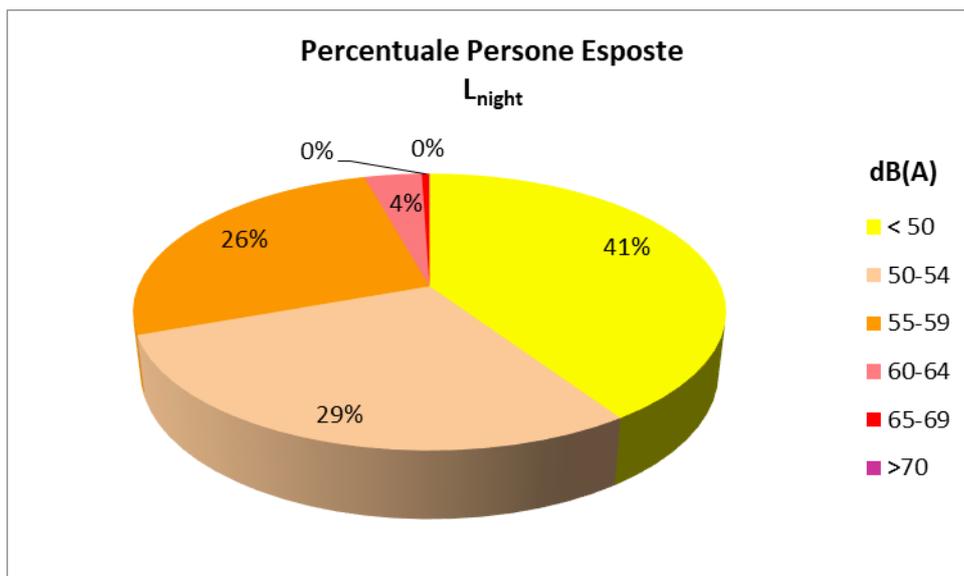


Figura 6.18 – Percentuale di persone esposte al rumore di tutte le sorgenti attive – L_{night} per classe di esposizione

7 MATERIALE TRASMESSO

I risultati della mappa acustica strategica dell'agglomerato di Bari sono stati trasmessi in conformità alle nuove linee guida del Ministero della Transizione Ecologica (MiTE), relative alla “*Specifiche tecniche per la predisposizione e la consegna dei set di dati digitali relativi alle mappature acustiche e alle mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/2005)*” [20] (aggiornate a Marzo 2022) e pertanto in conformità ai requisiti minimi di cui all'allegato 4 del D.Lgs. 194/05.

Nella tabella seguente è riportato l'elenco della documentazione digitale trasmessa.

Categoria	Nome file	Strato vettoriale	Scheda metadato
XLS DF2	AG_IT_00_00001_Compentent_Authority_DF2_2022.xls	--	--
GEOPACKAGE_ METADATA DF1_DF5	Agglomerationsource_2020_AG_IT_00_0001.gpkg	AgglomerationSource	arlpa:meta_0001_no_dt2022
GEOPACKAGE_ METADATA DF4_DF8	Agglomerations_StrategicNoiseMaps_2022_AG_IT_00_00001.gpkg	NoiseContours_airportsInAgglomeration_Lden	arlpa:meta_0001_ma_dt2022
		NoiseContours_airportsInAgglomeration_Lnight	arlpa:meta_0002_ma_dt2022
		NoiseContours_allSourcesInAgglomeration_Lden	arlpa:meta_0003_ma_dt2022
		NoiseContours_allSourcesInAgglomeration_Lnight	arlpa:meta_0004_ma_dt2022
		NoiseContours_industryInAgglomeration_Lden	arlpa:meta_0005_ma_dt2022
		NoiseContours_industryInAgglomeration_Lnight	arlpa:meta_0006_ma_dt2022
		NoiseContours_railwaysInAgglomeration_Lden	arlpa:meta_0007_ma_dt2022
		NoiseContours_railwaysInAgglomeration_Lnight	arlpa:meta_0008_ma_dt2022
		NoiseContours_roadsInAgglomeration_Lden	arlpa:meta_0009_ma_dt2022
		NoiseContours_roadsInAgglomeration_Lnight	arlpa:meta_0010_ma_dt2022
	Agglomerations_StrategicNoiseMaps_LineString_2022_AG_IT_00_00001.gpkg	NoiseContours_airportsInAgglomeration_Lden	arlpa:meta_0011_ma_dt2022
		NoiseContours_airportsInAgglomeration_Lnight	arlpa:meta_0012_ma_dt2022
		NoiseContours_allSourcesInAgglomeration_Lden	arlpa:meta_0013_ma_dt2022
		NoiseContours_allSourcesInAgglomeration_Lnight	arlpa:meta_0014_ma_dt2022
		NoiseContours_industryInAgglomeration_Lden	arlpa:meta_0015_ma_dt2022
		NoiseContours_industryInAgglomeration_Lnight	arlpa:meta_0016_ma_dt2022
		NoiseContours_railwaysInAgglomeration_Lden	arlpa:meta_0017_ma_dt2022
		NoiseContours_railwaysInAgglomeration_Lnight	arlpa:meta_0018_ma_dt2022
		NoiseContours_roadsInAgglomeration_Lden	arlpa:meta_0019_ma_dt2022
		NoiseContours_roadsInAgglomeration_Lnight	arlpa:meta_0020_ma_dt2022
REPORT DF4_DF8	AG_IT_00_00001_report_2022.pdf	--	--

Le schede metadati elencate nella quarta colonna sono state caricate sulla piattaforma di editing disponibile al link <https://direttivarumore.isprambiente.it/metadati>, predisposta da ISPRA in collaborazione con il MiTE.

Si segnala, infine, che le mappe acustiche sotto forma di aree isolivello per gli indicatori Lden e Lnight sono state pubblicate sul WebGIS ARPA Puglia all'indirizzo <http://www.webgis.arpa.puglia.it>, al fine di consentire l'informazione del pubblico prevista dall'art. 8 del D.Lgs. 194/2005.

8 CONCLUSIONI

Il presente lavoro è finalizzato all'aggiornamento quinquennale della Mappa Acustica Strategica dell'agglomerato di Bari e dei relativi dati da trasmettere alla Commissione Europea, ai sensi e per effetto di quanto disposto dal D.Lgs.194/05 del 19/08/2005 "Attuazione della direttiva 2002/46/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale". L'aggiornamento è stato redatto in ottemperanza alle *Specifiche tecniche per la predisposizione e la consegna dei set di dati digitali relativi alle mappature acustiche e alle mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/2005)* [20], e alle *Linee Guida - Definizione del contenuto minimo delle relazioni inerenti alla metodologia di determinazione delle mappe acustiche e valori descrittivi delle zone soggette ai livelli di rumore* [21], entrambe elaborate dal MiTE a marzo 2022, che assicurano la conformità della mappa acustica strategica ai requisiti minimi di cui all'allegato 4 del D.Lgs. 194/05.

L'agglomerato di Bari ha estensione coincidente con i limiti amministrativi del Comune di Bari, pari a circa 116 km², e interessa una popolazione di circa 316.200 abitanti (dati ISTAT aggiornati al mese di Dicembre 2021).

Le sorgenti di rumore considerate per la redazione della mappa strategica, rimodellizzate sulla base dei dati aggiornati al 2021, sono tutte le infrastrutture stradali comunali e provinciali (mappate da ARPA Puglia), le infrastrutture stradali principali (integrando i dati trasmessi da ANAS e Autostrade per l'Italia), le infrastrutture ferroviarie principali (integrando i dati trasmessi da RFI e da Ferrotramviaria), le infrastrutture ferroviarie locali (mappate da ARPA Puglia), i siti di attività industriale (assoggettati ad A.I.A), il porto e l'aeroporto.

La metodologia di studio ha sostanzialmente ricalcato quella già utilizzata per l'elaborazione della mappa acustica strategica dell'agglomerato di Bari con scadenza giugno 2017 con l'importante novità consistente nell'utilizzo dei nuovi metodi di determinazione del rumore denominati CNOSSOS-EU, introdotti con la Direttiva 2015/996 e successivamente aggiornati dalla Direttiva Delegata 2021/1226, divenuti obbligatori per l'elaborazione delle mappature acustiche e delle mappe acustiche strategiche a partire dal 31 dicembre 2018. Altra importante novità introdotta dalle Direttive succitate ha riguardato le modalità di distribuzione dei punti ricettori in facciata edifici e l'assegnazione della popolazione a ciascuno di essi, necessaria per la stima della popolazione esposta alle diverse fasce di rumorosità.

Tramite l'utilizzo dei nuovi metodi di calcolo all'interno del software di simulazione, sono stati calcolati i livelli di rumore richiesti dalle normative vigenti, considerando i coefficienti di assorbimento acustico delle varie tipologie di territorio, nonché il numero di edifici esposti ai diversi intervalli di rumorosità L_{den} e L_{night} distinti per tipologia.

Per quanto riguarda i risultati ottenuti, già esposti al Paragrafo 6, è possibile fare un'analisi sulla rumorosità dell'agglomerato in termini assoluti, ma non è possibile comparare i risultati con quanto emerso nelle precedenti Mappe Strategiche, a causa delle novità riguardanti i nuovi modelli di calcolo nonché i metodi di distribuzione e assegnazione della popolazione ai punti in facciata agli edifici.

In prima battuta è possibile osservare, come era lecito attendersi, che la principale sorgente di rumore in termini di popolazione esposta riguarda il traffico stradale prodotto dalle infrastrutture della zona urbana.

Soffermandoci sull'esposizione globale (all Sources) della popolazione ai livelli superiori alle soglie di potenziale rischio definite a livello internazionale (65 dB(A) per L_{den} e 55 dB(A) per L_{night}), otteniamo il 17,2% della popolazione dell'agglomerato per L_{den} ed il 30,6% per L_{night} .

Le altre sorgenti prese in considerazione si confermano meno significative in termini di popolazione esposta, con alcune migliaia di esposti a valori di L_{den} e L_{night} superiori rispettivamente a 65 dB(A) e 55 dB(A) solo nel caso delle infrastrutture ferroviarie. Il contributo delle sorgenti industriali e aeroportuali risulta invece molto limitato, per effetto principalmente della dislocazione relativa sorgenti/esposti.

Con riferimento alle attività finalizzate al miglioramento del clima acustico cittadino, è doveroso evidenziare il perdurare di alcune criticità, prima fra tutte la constatazione che nel caso della Regione Puglia l'ente competente per la redazione del Piano di Azione (Arpa Puglia) e l'ente preposto per la sua realizzazione (l'amministrazione comunale) non coincidono. Questo ha finora prodotto come effetto una mancanza di raccordo tra enti che limita di fatto la quantità e la qualità delle informazioni necessarie per verificare in maniera adeguata l'evoluzione del clima acustico dell'agglomerato.

Oltre alla difficoltà nel reperire dati aggiornati per la costruzione del modello previsionale (primo fra tutti il dato sui volumi di traffico cittadino), è da segnalare infatti la carenza di informazioni relative ad eventuali interventi messi in atto dall'ente territorialmente competente che siano direttamente o indirettamente collegati alla rumorosità delle sorgenti oggetto di mappatura (interventi sulla mobilità urbana, realizzazione di barriere acustiche, rifacimento di pavimentazione stradale, sistemi di fluidificazione del traffico, variazione nei percorsi di mezzi pesanti, rinnovo del parco mezzi

di trasporto pubblico, etc..) o che siano stati attuati per effetto del recepimento del Piano di Azione.

L'insieme di questi aspetti mette in luce un contesto che ostacola il naturale processo di gestione e miglioramento del rumore dell'agglomerato così come concepito dalla direttiva comunitaria END e porta ad auspicare come sempre una maggiore e più proficua collaborazione con gli enti territorialmente interessati dalle mappe strategiche e dai Piani di Azione, primo fra tutti il Comune, che potrebbe trarne importanti strumenti per fattive azioni di tutela del territorio.

Arpa Puglia, come fatto finora, continuerà a promuovere iniziative volte alla creazione di sinergie d'azione con le amministrazioni comunali degli agglomerati della Regione, sollecitando altresì, dove assenti, l'adozione degli strumenti di pianificazione acustica già previsti per legge (Piano di Classificazione Acustica Comunale e Piano di Risanamento Acustico Comunale).

9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 194, Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale (G.U.R.I. n. 222 del 23/9/2005);
- [2] Decreto Legislativo 17 febbraio 2017, n. 42, Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere a), b), c), d), e), f) e h) della legge 30 ottobre 2014, n. 161 (G.U. n. 79 del 04/04/2017);
- [3] Decreto interministeriale 14 gennaio 2022 “Attuazione della direttiva (UE) 2020/367 della Commissione del 4 marzo 2020, riguardante la definizione di metodi di determinazione degli effetti nocivi del rumore ambientale, e della direttiva delegata (UE) 2021/1226 della Commissione del 21 dicembre 2020, riguardante i metodi comuni di determinazione del rumore” (GU n.37 del 14/02/2022);
- [4] Legge 26 ottobre 1995, n. 447, Legge quadro sull'inquinamento acustico (Suppl. Ord. n. 125 alla G.U.R.I. n. 254 del 30/10/1995);
- [5] Decreto Ministeriale 16 marzo 1998, Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico (G.U.R.I. n. 76 del 1/4/1998);
- [6] Direttiva Europea 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 giugno 2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale (END);
- [7] Direttiva (UE) 2015/996 della Commissione del 19 maggio 2015 che stabilisce metodi comuni per la determinazione del rumore a norma della direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio;
- [8] Direttiva (UE) 2020/367 della Commissione del 4 marzo 2020, che modifica l'allegato III della Direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda la definizione di metodi di determinazione degli effetti nocivi del rumore ambientale;
- [9] Direttiva delegata (UE) 2021/1226 della Commissione del 21 dicembre 2020 che modifica, adeguandolo al progresso scientifico e tecnico, l'allegato II della Direttiva 2002/49/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda i metodi comuni di determinazione del rumore;

- [10] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) - Position Paper - Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure - Version 2, 13 August 2007;
- [11] NoMEPorts European Project. “Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping and Management”. Tech. Ann., 2008;
- [12] IMAGINE - Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment – “Description of the Source Database” - WP7: Industrial Noise, 06 febbraio 2007;
- [13] Norma ISO 9613-2:1996 – “Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of calculation”.
- [14] Norma UNI 9884:1997 – “Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale”;
- [15] Rapporto tecnico UNI/TR 11326 – “Valutazione dell’incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica - Parte 1: Concetti generali”, maggio 2009.
- [16] CadnaA Reference Manual - 03/2022 (Version 2022), DataKustik GmbH, Gilching, Germany
- [17] Mappa Acustica Strategica dell’Agglomerato di Bari – Relazione Tecnica Descrittiva – ARPA Puglia – Riferimento normativo Giugno 2017
- [18] Piano di Azione dell’agglomerato di Bari- Relazione Tecnica Descrittiva – Riferimento normativo Luglio 2018;
- [19] G.Licitra, W. Probst - Noise Mapping in the EU, Models and Procedures, CRC Press, 2013;
- [20] Specifiche tecniche per la predisposizione e la consegna dei set di dati digitali relativi alle mappature acustiche e alle mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/2005), MiTE, marzo 2022;
- [21] Linee Guida - Definizione del contenuto minimo delle relazioni inerenti alla metodologia di determinazione delle mappe acustiche e valori descrittivi delle zone soggette ai livelli di rumore, MiTE, marzo 2022.