



**MAPPA ACUSTICA STRATEGICA  
DELL'AGGLOMERATO DI FOGGIA**  
(agglomerato con più di 100.000 abitanti)

**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  
Dott.ssa Micaela Menegotto

**RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA**

<b>Aggiornamento</b>	<b>Riferimento normativo</b>	<b>Descrizione</b>
Rev.1	Giugno 2017	Elaborato ai sensi del D.Lgs.194/05 s.m.i. art.3 c.3

## Indice

1	INTRODUZIONE GENERALE .....	4
1.1	Premessa .....	4
1.2	Quadro normativo di riferimento .....	5
2	L'AGGLOMERATO DI FOGGIA .....	7
3	PROGRAMMI DI CONTENIMENTO DEL RUMORE .....	8
4	METODOLOGIA OPERATIVA .....	11
4.1	Mappatura delle infrastrutture stradali comunali e provinciali .....	11
4.1.1	Organizzazione e gestione dati .....	12
4.1.2	Classificazione degli assi stradali .....	15
4.1.3	Monitoraggio del rumore .....	16
4.1.4	Definizione del metodo di calcolo .....	20
4.1.5	Stima della popolazione esposta .....	28
4.2	Mappatura dei siti di attività industriale .....	29
4.2.1	Individuazione e caratterizzazione acustica dei siti industriali .....	29
4.2.2	Stima della popolazione esposta a sorgenti industriali .....	31
4.3	Mappatura delle infrastrutture ferroviarie locali .....	31
4.3.1	Caratterizzazione acustica dell'infrastruttura ferroviaria FdG .....	33
4.3.2	Aggiornamento dei dati di input al modello .....	37
4.3.3	Stima della popolazione esposta al rumore delle ferrovie locali .....	38
4.4	Mappatura dell'aeroporto .....	38
4.4.1	Stima della popolazione esposta al rumore aeroportuale .....	40
4.5	Integrazione delle mappature dei gestori .....	40
4.5.1	Mappatura acustica presentata da ANAS .....	42
4.5.2	Mappatura acustica presentata da Autostrade per l'Italia .....	43
4.5.3	Mappatura acustica presentata da RFI .....	44
4.6	Incertezza nella predisposizione della mappa acustica strategica .....	45
5	SINTESI DEI RISULTATI .....	50
5.1	Infrastrutture stradali .....	52
5.2	Infrastrutture ferroviarie .....	55
5.3	Siti di attività industriale .....	58
5.4	Aeroporto .....	59

5.5	Esposizione al rumore globale ( <i>overall sources</i> ).....	60
6	MATERIALE TRASMESSO.....	63
7	CONCLUSIONI.....	66
8	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	70

# 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 ha individuato, tra gli altri, il territorio del comune di Foggia 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 Foggia relativa al secondo ciclo di scadenze definito dal D.Lgs. 194/05 (riferimento normativo Giugno 2012).

Ai sensi dell’art.3, comma 6 del summenzionato decreto tutte le MAS e le mappature acustiche che le compongono devono essere riesaminate e, se necessario, rielaborate 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 Foggia riferita alla scadenza 2017.

La presente relazione e la documentazione digitale ad essa allegata è stata elaborata in conformità alle nuove linee guida del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) 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” [16], e alle “Specifiche tecniche – Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/05) [15], entrambe aggiornate a marzo 2017. Ciò assicura l’ottemperanza ai requisiti minimi di cui all’allegato 4 del D.Lgs. 194/05.

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 (<http://arpa.puglia.it/web/guest/mas>).

## 1.1 Premessa

La mappa strategica dell’agglomerato è definita come 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 tali zone”. Le sorgenti

di rumore che concorrono all' "esposizione globale" sono il traffico stradale, il traffico ferroviario, il traffico aeroportuale, i siti di attività industriale inclusi i porti.

Per la redazione della mappa strategica il D. Lgs 194/05 prevede la collaborazione delle società e degli enti gestori di infrastrutture di trasporto, limitatamente alle infrastrutture principali. Per tutte le altre tipologie di infrastruttura la valutazione della rumorosità è posta in carico all'Autorità competente individuata per l'agglomerato.

## 1.2 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 introduce delle sostanziali novità nel quadro normativo di riferimento, costituite principalmente dall'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 d' 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 [14]* sono state apportate alcune modifiche al D.Lgs. 194/05, tra cui l'aggiornamento delle 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)
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 1.1 – Scadenze temporali previste dal D.Lgs.42/2017

A completamento degli elaborati in carico agli enti competenti, l'allegato 6 del D.Lgs.194/05 prevede inoltre la determinazione e relativa trasmissione alla Commissione Europea dei seguenti dati, intesi come requisiti minimi per le mappature acustiche:

- numero totale stimato, arrotondato al centinaio, di persone che vivono nelle abitazioni esposte a ciascuno dei seguenti intervalli di livelli di  $L_{den}$  in dB a 4 m di altezza sulla facciata più esposta: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale;
- 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 sulla facciata più esposta: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70, con distinzione fra rumore del traffico veicolare, ferroviario e aereo o dell'attività industriale. Questi dati potranno altresì essere valutati per la fascia 45-49 anteriormente al 18 luglio 2009.

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 di un anno solare. 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.

## 2 L’AGGLOMERATO DI FOGGIA

L’agglomerato di Foggia, individuato formalmente dalla Regione Puglia attraverso la Deliberazione della Giunta Regionale n. 1332 del 3 luglio 2012, coincide col territorio comunale della città di Foggia, così come delimitato dai suoi confini amministrativi<sup>1</sup>. Come detto nell’introduzione, l’autorità competente individuata per la predisposizione della mappa acustica strategica e del relativo piano d’azione è ARPA Puglia. Ai fini degli adempimenti ex D.Lgs. 194/05 l’agglomerato è stato univocamente identificato dal MATTM mediante il codice *IT\_a\_ag00018*.

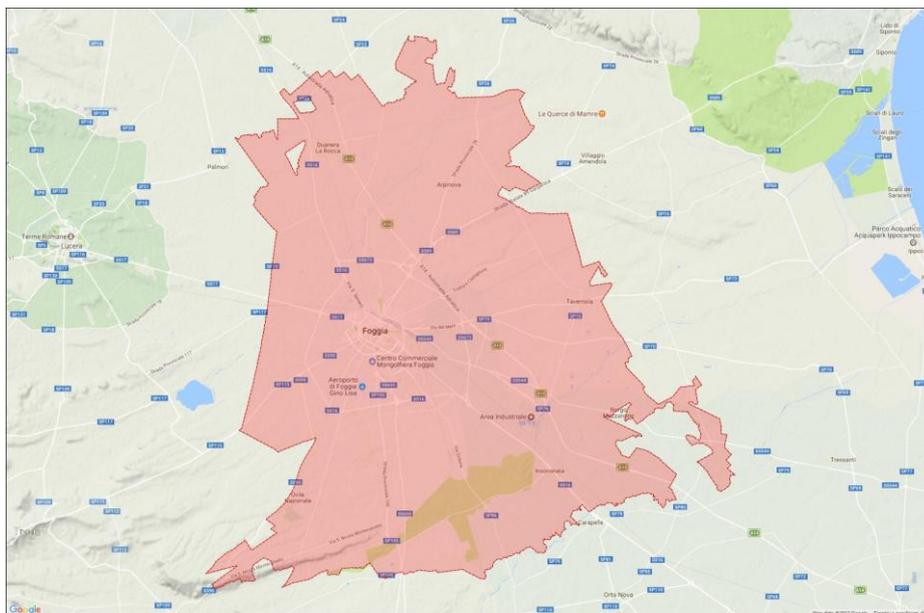


Figura 2.1 – Delimitazione dell’agglomerato di Foggia

<sup>1</sup> I confini amministrativi considerati nel presente studio sono quelli disponibili in formato shapefile sul sito istituzionale dell’ISTAT alla pagina <http://www.istat.it/it/archivio/104317>.

Il territorio dell'agglomerato si estende per circa 510 km<sup>2</sup> e interessa 151.991 abitanti (dati ISTAT al 31/12/2016).

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

- ~ 720 km di infrastrutture stradali;
- ~ 107 km di infrastrutture ferroviarie;
- ~ 7 ettari di infrastrutture aeroportuali;
- ~ 7 insediamenti industriali sottoposti ad A.I.A. di competenza regionale e provinciale.

### **3 PROGRAMMI DI CONTENIMENTO DEL RUMORE**

La redazione delle Mappe Acustiche Strategiche è finalizzata alla determinazione dell'esposizione globale al rumore 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 Foggia ha adottato il Piano di Classificazione acustica comunale e il relativo Piano di Risanamento Acustico attraverso quello che lo stesso Comune ha denominato "Piano di Disinquinamento Acustico"; tuttavia esso risulta attualmente non vigente per effetto della mancata approvazione della Provincia (come disposto dalla L.R. n.03 del 12/02/2002).

Con Delibera di Giunta Comunale n.7 del 26/01/2017 il Comune di Foggia ha altresì preso atto della MAS dell' Agglomerato di Foggia e approvato il relativo Piano di Azione (PdA), redatti da Arpa Puglia ai sensi del D.Lgs. 194/05 e relativi al secondo ciclo di

scadenze normative (giugno 2012 per le MAS e luglio 2013 per il PdA). 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 (denominate Aree di Tipo “A” e distinte in ricettori residenziali e ricettori sensibili) e interventi nel lungo termine per le restanti aree dove si è riscontrato un superamento di qualsiasi entità (Aree di Tipo “B” e di Tipo “C”). 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 generiche senza entrare nel merito della loro fattibilità tecnica ed economica.

Nell’individuazione delle azioni mitigative proposte sono stati recepiti e integrati anche interventi contenuti in alcuni studi redatti dal Comune di Foggia, in primis quelli sulla mobilità (ad es. Il Piano generale del Traffico), con l’auspicio che questo porti ad una conseguente azione condivisa in modo trasversale dai diversi organi competenti.

Nel PdA di Foggia sono stati forniti inoltre alcuni spunti generici relativamente alla gestione del rumore presso le cosiddette *aree silenziose*, definite dal D.Lgs. 194/05 come zone delimitate dall’autorità comunale nella quale  $L_{den}$  o un altro indicatore acustico non superi un determinato valore. Non avendo, ad oggi, il comune di Foggia provveduto a delimitare e definire le suddette aree, sono stati suggeriti in via preliminare alcuni criteri per la loro individuazione e caratterizzazione, che dovranno essere necessariamente approfonditi e condivisi con gli organi comunali competenti. In particolare sono state individuate 10 aree tra quelle la cui destinazione d’uso dovrebbe prevedere come requisito fondamentale un giusto grado di comfort acustico, come le aree verdi contenute nel Piano Regolatore Generale del comune di Foggia e le classi I del Piano di Zonizzazione Acustica Comunale.

Nella tabella che segue sono riassunti gli interventi considerati nel PdA, l’orizzonte temporale del loro sviluppo e le condizioni di criticità che li attivano. Per maggiori approfondimenti si rimanda allo studio completo consultabile sul sito istituzionale di Arpa Puglia all’indirizzo [http://www.arpa.puglia.it/web/guest/d\\_lgs\\_194\\_2005](http://www.arpa.puglia.it/web/guest/d_lgs_194_2005).

Tabella 3.1 : 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
Edifici sensibili- Aree Tipo "A"	IP>300 L <sub>den</sub> > 47,7dB(A)	Breve termine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Approvazione del Piano di Zonizzazione Acustica Comunale</li> <li>• 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 rotonde, onde verdi semaforiche (<i>interventi alla sorgente</i>)</li> <li>• Installazione di barriere fonoassorbenti (<i>interventi lungo la via di propagazione</i>)</li> <li>• Sostituzione dei semafori con rotonde presso gli incroci</li> <li>• Realizzazione di piste ciclabili</li> <li>• Sostituzione degli infissi in facciata (<i>interventi al ricevitore, non applicabili alle aree silenziose</i>)</li> </ul>
Ed. residenziali- Aree Tipo "A"	IP>300 L <sub>den</sub> > 62,7dB(A)	Medio Termine	
Aree Silenziose	L <sub>den</sub> >47,7 dB(A)	Breve-Medio Termine	
Edifici sensibili- Aree Tipo "B"	IP>300 L <sub>den</sub> > 47,7dB(A)	Lungo Termine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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)</li> <li>• Riduzione emissioni sonore dei singoli veicoli</li> <li>• Riduzione delle velocità di percorrenza nel rispetto dei limiti di velocità anche attraverso creazione di zone residenziali a bassa velocità (Zone 30)</li> <li>• Incentivazione e sviluppo della mobilità alternativa (mezzi pubblici, ciclabile, pedonale)</li> <li>• Interventi sul trasporto pubblico: rinnovo del parco veicoli (sostituzione dei mezzi rumorosi di vecchia fattura) e gestione più efficiente della rete</li> <li>• Cambiamento dello stile di guida/comportamento degli abitanti</li> </ul>
Ed. residenziali- Aree Tipo "B"	IP>300 L <sub>den</sub> > 62,7dB(A)		
Edifici sensibili- Aree Tipo "C"	L <sub>den</sub> >47,7 dB(A)		
Ed. residenziali- Aree Tipo "C"	L <sub>den</sub> > 62,7dB(A)		

Per quanto riguarda le infrastrutture di trasporto ricadenti nell'agglomerato di Foggia, gli enti gestori interessati (ANAS, Autostrade per l'Italia e RFI) hanno previsto per il Piano di Azione degli interventi di risanamento che sostanzialmente recepiscono quelli dei corrispettivi Piani di contenimento e 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 Azione di ciascun gestore per ulteriori approfondimenti:

- **ANAS S.p.a:** stesa di asfalti fonoassorbenti lungo la SS16, la SS655 e la NSA361, per una lunghezza complessiva pari a 300 m;
- **Autostrade per l'Italia** ha previsto l'installazione di barriere fonoassorbenti per una lunghezza complessiva pari a 624 m;
- **RFI:** Installazione di barriere fonoassorbenti per una lunghezza complessiva pari a 3913 m; n. 14 interventi diretti (sostituzione degli infissi) su ricettori isolati.

## 4 METODOLOGIA OPERATIVA

Come indicato in premessa, la mappa acustica strategica e le relative mappature acustiche dell'agglomerato di Foggia riferite alla condizione di rumorosità del 2011, sono state sottoposte ad un riesame volto a valutare l'eventuale aggiornamento degli elaborati, alla luce di possibili variazioni nei dati di input utilizzati per la modellizzazione delle sorgenti sonore. Occorre evidenziare che, rispetto alle precedenti fasi di mappatura acustica, nel modello di simulazione è stata considerata la mappa "Uso del Suolo" (resa disponibile dal Servizio Cartografico della Regione Puglia) che ha consentito di attribuire a ciascuna area un coefficiente di assorbimento acustico del terreno in ottemperanza al Toolkit 13.1 della "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) [6] (cfr paragrafo 4.1.4.2).

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, nei prossimi paragrafi verranno presentati i risultati delle mappature aggiornate. Nello specifico:

1. Mappatura delle infrastrutture comunali e provinciali;
2. Mappatura acustica dei siti di attività industriale;
3. Mappatura acustica delle ferrovie locali;
4. Mappatura acustica dell'aeroporto;
5. Integrazione delle mappature acustiche aggiornate pervenute dagli enti gestori e realizzazione della Mappa Acustica Strategica dell'agglomerato di Foggia.

### 4.1 Mappatura delle infrastrutture stradali comunali e provinciali

La rete stradale compresa nell'agglomerato di Foggia presenta differenti tipologie di infrastrutture, dal piccolo vicolo della città vecchia al tratto ad ampio scorrimento dell'Autostrada Adriatica, 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. Secondo quanto raccomandato dal D.Lgs. 194/05, relativamente al rumore prodotto dalle infrastrutture stradali, è stato utilizzato il metodo “NMPB–Routes-96” (Nouvelle Methode de Prevision de Bruit). 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.

#### **4.1.1 Organizzazione e gestione dati**

La prima fase di lavoro è consistita nella raccolta ed organizzazione dei dati disponibili per il Comune di Foggia 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.

##### **4.1.1.1 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 Foggia dall'ISTAT sul proprio sito istituzionale (dati aggiornati al 01/01/2016 pubblicati all'indirizzo <http://dati.istat.it/#>).

#### **4.1.1.2 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 Foggia essi sono stati aggiornati con dati ricavati dall'interpretazione dell'ortofoto e di foto panoramiche di Google Maps disponibili su web. Inoltre sono state estratte informazioni di interesse dai rilievi LiDAR del 2008/2009 del MATTM nelle aree di studio dove la copertura è presente.

Il sistema di riferimento utilizzato per l'intero studio è stato ETRS 89 come richiesto dalle linee guida [15].

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 disponibile dal Servizio Cartografico della Regione Puglia (<http://www.sit.puglia.it/>), è stato creato uno specifico shapefile sotto forma di poligoni per l'attribuzione dei coefficienti di assorbimento. 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. 4.1.4.2).

### **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 di ortofoto del 2013 acquisite tramite servizio WMS dal sito del Servizio Cartografico della Regione Puglia [http://www.sit.puglia.it/portal/portale\\_cartografie\\_tecniche\\_tematiche/WMS](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 nelle aree di studio dove la copertura è presente.

Per quanto riguarda l'assegnazione della popolazione ad ogni edificio, è stato utilizzato il metodo della 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 2016 come descritto nel paragrafo 4.1.1.1 ) 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 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) [6]. Agli archi principali sono stati 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 eventuali nuovi assi stradali, successivamente digitalizzati in ambiente GIS nella loro corretta posizione plano-altimetrica.

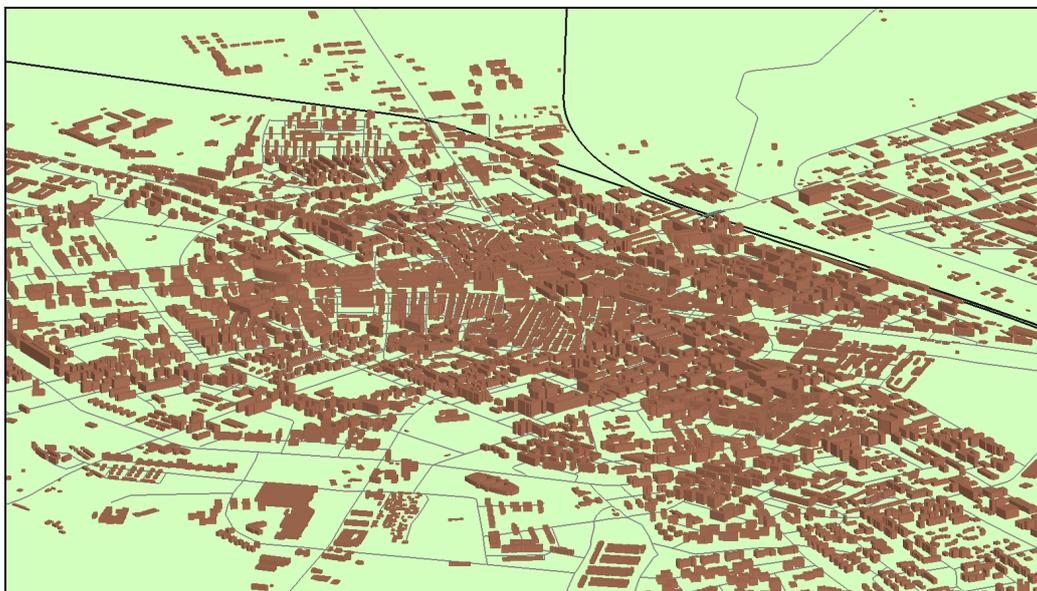


Figura 4.1 – Ricostruzione tridimensionale dell'agglomerato di Foggia in ambiente GIS

#### 4.1.2 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 quattro categorie di flussi di traffico:

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

Nell'ambito del presente studio è stata quindi considerata l'opportunità di una riclassificazione 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.

#### **4.1.3 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 microfonic 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 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);
- dott. ing. Gianluca Domenico Primavera – tecnico competente in acustica ambientale (Determina Dirigenziale n. 435 del 10/07/2009 - Servizio Ambiente - Provincia di Bari);

- 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);
- dott. arch. Rocco di Modugno.

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. In molti casi lo strumento è stato posizionato presso le pertinenze delle scuole comunali del territorio di Foggia.



Figura 4.2 – Rilievo eseguito su un balcone prospiciente Viale I Maggio

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 ( $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{95}$ ,  $L_{99}$ ).

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 [3] (differenza tra i due fattori di calibrazione inferiore a 0,5 dB).

Come già riportato, 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 4 (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 4.3 – Distribuzione dei punti di indagine fonometrica per l'aggiornamento della MAS dell'agglomerato di Foggia

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 [3] (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 effettuati sono stati 17, i cui risultati sono riportati in Tabella 4.1.

Codice misura	Ubicazione	Categoria	$L_{day}$ [dB(A)]	$L_{eve}$ [dB(A)]	$L_{night}$ [dB(A)]	$L_{den}$ [dB(A)]
FG_01_BT	Via Manfredonia	1	67.9	66.7	61.1	69.6
FG_02_BT	Viale Primo Maggio	1	65.7	64.2	58.4	67.2
FG_03_BT	Via Silvio Pellico	1	63.7	61.7	54.6	64.3
FG_04_BT	Corso Roma	1	66.8	64.8	59.8	68.3
FG_05_BT	Viale Sant'Alfonso Maria dei Liguori	1	62.5	62.0	56.5	64.7
FG_06_BT	Via Mario Altamura	1	59.3	58.2	50.8	60.3
FG_07_BT	Via Vincenzo Gioberti	2	60.6	61.2	56.1	63.8
FG_08_BT	Via Carlo Baffi	2	61.2	61.0	53.3	62.6
FG_09_BT	Via Michele Mastelloni	2	60.9	60.0	52.3	61.9
FG_10_BT	Viale Giuseppe La Torre	2	62.1	61.6	54.4	63.5
FG_11_BT	Via Giacomo Matteotti	2	65.2	63.8	57.0	66.3
FG_12_BT	Via Galliani	2	60.8	59.6	52.7	61.9
FG_13_BT	Via Antonio Labriola	3	58.8	57.4	49.8	59.6
FG_14_BT	Via Giuseppe Maria Galanti	3	62.3	60.7	53.7	63.2
FG_15_BT	Via Ortona Lavello	3	56.3	56.8	50.1	58.5
FG_17_BT	Via De Stisi	3	54.3	54.0	47.5	56.2
FG_18_BT	Via Giuseppe Rosati	3	53.6	52.6	46.2	55.1

Tabella 4.1 – Risultati della campagna di misure

Nella Tabella 4.2 si riporta invece il confronto tra i livelli  $L_{den}$  e  $L_{night}$  misurati per la redazione della MAS del 2012 e quelli della MAS del 2017 presso i ricettori comuni.

Ubicazione	Cat.	$L_{den}$ [dB(A)]			$L_{night}$ [dB(A)]		
		$L_{den,2012}$	$L_{den,2017}$	$\Delta L_{den}$	$L_{night,2012}$	$L_{night,2017}$	$\Delta L_{night}$
Via Manfredonia	1	69.9	69.6	0.3	61.3	61.1	0.2
Viale Primo Maggio	1	67.6	67.2	0.4	58.3	58.4	-0.1
Via Silvio Pellico	1	65.1	64.3	0.8	55.5	54.6	0.9
Corso Roma	1	66.5	68.3	-1.8	58.4	59.8	-1.4
Viale Sant'Alfonso Maria dei Liguori	1	65.1	64.7	0.4	57.4	56.5	0.9
Via Mario Altamura	1	61.1	60.3	0.8	53.0	50.8	2.2
Via Vincenzo Gioberti	2	63.4	63.8	-0.4	54.7	56.1	-1.4

Ubicazione	Cat.	L <sub>den</sub> [dB(A)]			L <sub>night</sub> [dB(A)]		
		L <sub>den,2012</sub>	L <sub>den,2017</sub>	ΔL <sub>den</sub>	L <sub>night,2012</sub>	L <sub>night,2017</sub>	ΔL <sub>night</sub>
Via Carlo Baffi	2	63.5	62.6	0.9	54.2	53.3	0.9
Via Michele Mastelloni	2	63.1	61.9	1.2	54.7	52.3	2.4
Viale Giuseppe La Torre	2	64.1	63.5	0.6	56.1	54.4	1.7
Via Giacomo Matteotti	2	63.1	66.3	-3.2	53.8	57.0	-3.2
Via Galliani	2	62.8	61.9	0.9	53.3	52.7	0.6
Via Antonio Labriola	3	58.0	59.6	-1.6	47.6	49.8	-2.2
Via Giuseppe Maria Galanti	3	63.4	63.2	0.2	55.2	53.7	1.5
Via Ortona Lavello	3	57.9	58.5	-0.6	49.2	50.1	-0.9
Via Giuseppe Rosati	3	59.1	55.1	4	50.8	46.2	4.6

Tabella 4.2 – confronto tra i livelli Lden e Lnight presso i ricettori nella MAS 2012 e nella MAS 2017

Visto lo scostamento, in alcuni casi piuttosto significativo, nei valori di livello sonoro presso i ricettori tra le due diverse mappature, sono stati riassegnati i valori di potenza sonora alle classi acustiche di riferimento degli assi stradali, adottando la metodologia descritta nei successivi paragrafi.

#### 4.1.4 Definizione del metodo di calcolo

Per il calcolo dei livelli di rumore richiesti dalla normativa è stato impiegato il software CadnaA versione 3.72.131, sviluppato dalla DataKustik GmbH che implementa, tra gli altri, il metodo di calcolo francese NMPB - Routes - 96 (Bruit des infrastructures Routieres Methode de calcul incluant les effets meteorologiques). Il metodo NMPB è lo standard utilizzato nel caso di interesse, in cui le sorgenti di studio sono costituite da infrastrutture stradali. Tale scelta recepisce le indicazioni della Direttiva Europea 2002/49/CE che, nell'allegato II, raccomanda il metodo NMPB - Routes - 96 e la norma tecnica francese XP S31-133 per la modellazione del rumore da traffico stradale.

Tale indicazione risulta peraltro ribadita dalla Raccomandazione 2003/613/CE della Commissione del 6 agosto 2003 concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità [5].

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

#### **4.1.4.1 Importazione delle polilinee 3D per la creazione del DTM**

Le polilinee 3D create in ambiente GIS (cfr. paragrafo 4.1.1.2) 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.

#### **4.1.4.2 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 chiusi, a cui è stato assegnato un valore di G pari a 1 per le aree altamente assorbenti (zone verdi e agricole), 0.5 per quelle mediamente assorbenti (aree residenziali) e 0 per quelle scarsamente assorbenti (aree urbane pavimentate e aree industriali), in linea con le indicazioni del tool 13.1 della GPG. L'elemento è stato quindi importato nel modello e integrato di conseguenza nell'algoritmo di calcolo.

#### **4.1.4.3 Importazione edificato**

Gli edifici 3D elaborati come descritto in precedenza (cfr. paragrafo 4.1.1.2) 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  $\alpha$  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”.

#### **4.1.4.4 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.).

#### **4.1.4.5 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”.

#### **4.1.4.6 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)	NMPB-Routes-96
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 [6] 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 - minima 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.

#### 4.1.4.7 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 tre 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 4.3) e quindi la media per ciascuna classe di appartenenza.

Nome Strada	Categoria	Potenza acustica [dB]		
		LW <sub>day</sub>	LW <sub>evening</sub>	LW <sub>night</sub>
Via Manfredonia	1	87	85	79.7
Viale Primo Maggio	1	82.2	80.8	74.8
Via Silvio Pellico	1	80.4	78.7	71.5
Corso Roma	1	82	80	75
Viale Sant'Alfonso Maria dei Liguori	1	79	79.4	74
Via Mario Altamura	1	82.5	82	75
Via Vincenzo Gioberti	2	77.2	77.9	73
Via Carlo Baffi	2	78.5	78.4	70
Via Michele Mastelloni	2	76.7	76	68
Viale Giuseppe La Torre	2	76	74.8	68
Via Giacomo Matteotti	2	78.3	77.2	70.7
Via Galliani	2	74.7	73.3	66.2
Via Antonio Labriola	3	75	73.5	64
Via Giuseppe Maria Galanti	3	73	71.8	64.5
Via Ortona Lavello	3	71.5	72.5	65.3
Via De Stisi	3	63	63	56.7
Via Giuseppe Rosati	3	66	64.6	58

Tabella 4.3 – 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 rischiesta una sovrastima nell'attribuzione del dato di potenza sonora della strada e di conseguenza delle potenze medie assegnate alle tre 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 4.3).

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 4.3 è stato regolato 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 4.4 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 <sub>day</sub>	L <sub>eve</sub>	L <sub>night</sub>	L <sub>den</sub>	L <sub>day</sub>	L <sub>eve</sub>	L <sub>night</sub>	L <sub>den</sub>	L <sub>day</sub>	L <sub>eve</sub>	L <sub>night</sub>	L <sub>den</sub>
	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]	[dBA]
Via Manfredonia	67.9	66.7	61.1	69.6	67.9	66.7	61.1	69.6	0.4	-0.2	0.3	0.3
Viale Primo Maggio	65.7	64.2	58.4	67.2	65.7	64.2	58.4	67.2	0.1	0.2	0	0.0
Via Silvio Pellico	63.7	61.7	54.6	64.3	63.7	61.7	54.6	64.3	0	0.3	0.3	0.2
Corso Roma	66.8	64.8	59.8	68.3	66.8	64.8	59.8	68.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2
Viale Sant'Alfonso Maria dei Liguori	62.5	62.0	56.5	64.7	62.5	62.0	56.5	64.7	-0.5	-0.2	0	-0.2
Via Mario Altamura	59.3	58.2	50.8	60.3	59.3	58.2	50.8	60.3	-0.2	-0.2	0.1	-0.1
Via Vincenzo Gioberti	60.6	61.2	56.1	63.8	60.6	61.2	56.1	63.8	0	-0.1	-0.2	-0.1
Via Carlo Baffi	61.2	61.0	53.3	62.6	61.2	61.0	53.3	62.6	-0.2	-0.2	-0.4	-0.3
Via Michele Mastelloni	60.9	60.0	52.3	61.9	60.9	60.0	52.3	61.9	0.2	0.3	0.2	0.2
Viale Giuseppe La Torre	62.1	61.6	54.4	63.5	62.1	61.6	54.4	63.5	0	0.3	0.3	0.1
Via Giacomo Matteotti	65.2	63.8	57.0	66.3	65.2	63.8	57.0	66.3	-0.6	-0.3	-0.1	-0.3
Via Galliani	60.8	59.6	52.7	61.9	60.8	59.6	52.7	61.9	0.1	0.1	-0.1	0.1
Via Antonio Labriola	58.8	57.4	49.8	59.6	58.8	57.4	49.8	59.6	-0.5	-0.2	-0.4	-0.4
Via Giuseppe Maria Galanti	62.3	60.7	53.7	63.2	62.3	60.7	53.7	63.2	-0.5	0.1	-0.2	-0.3
Via Ortona Lavello	56.3	56.8	50.1	58.5	56.3	56.8	50.1	58.5	0.4	-0.3	0.2	0.2
Via De Stisi	54.3	54.0	47.5	56.2	54.3	54.0	47.5	56.2	-0.1	0.1	0.3	0.0
Via Giuseppe Rosati	53.6	52.6	46.2	55.1	53.6	52.6	46.2	55.1	0.4	0.2	0.2	0.2

Tabella 4.4 – 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 4.5.

Categoria strada	Potenza acustica media [dB]		
	LW <sub>day</sub>	LW <sub>evening</sub>	LW <sub>night</sub>
1 – traffico elevato	82,5	81,4	75,7
2 – traffico medio	77,4	76,6	69,6
3 – traffico ridotto	69,7	69,1	61,7

Tabella 4.5 – Potenze sonore medie per categoria di strada

Nella tabella seguente viene mostrato il confronto tra i valori assegnati alle tre classi di potenza della MAS 2012 e quella attuale del 2017, da cui emerge una quasi totale corrispondenza, ad eccezione di uno scostamento dell'ordine di 1-1.5 dB(A) per gli assi di classe 3.

Categoria strada	Potenza acustica media [dB]					
	LW <sub>day,2012</sub>	LW <sub>day,2017</sub>	LW <sub>eve,2012</sub>	LW <sub>eve,2017</sub>	LW <sub>night,2012</sub>	LW <sub>night,2017</sub>
1 – traffico elevato	82,4	82,5	81,8	81,4	75,6	75,7
2 – traffico medio	77,8	77,4	76,9	76,6	70,5	69,6
3 – traffico ridotto	71,7	69,7	70,0	69,1	63,0	61,7

Tabella 4.6 – Confronto tra le potenze sonore medie della MAS 2012 e della MAS 2017

Come detto in precedenza, per le infrastrutture stradali di categoria 4 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 4 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<sub>night</sub> e 55 dB(A) per L<sub>den</sub>.

La potenza acustica media ricavata per la categoria 4 è riportata in Tabella 4.7.

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

Tabella 4.7 – 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.

#### 4.1.4.8 Calcolo dei descrittori acustici

Una volta aggiornato 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 più esposta di ciascun edificio abitativo, 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. Per la rappresentazione cartografica sono state utilizzate le indicazioni cromatiche suggerite dalla norma UNI 9884:1997 [9].

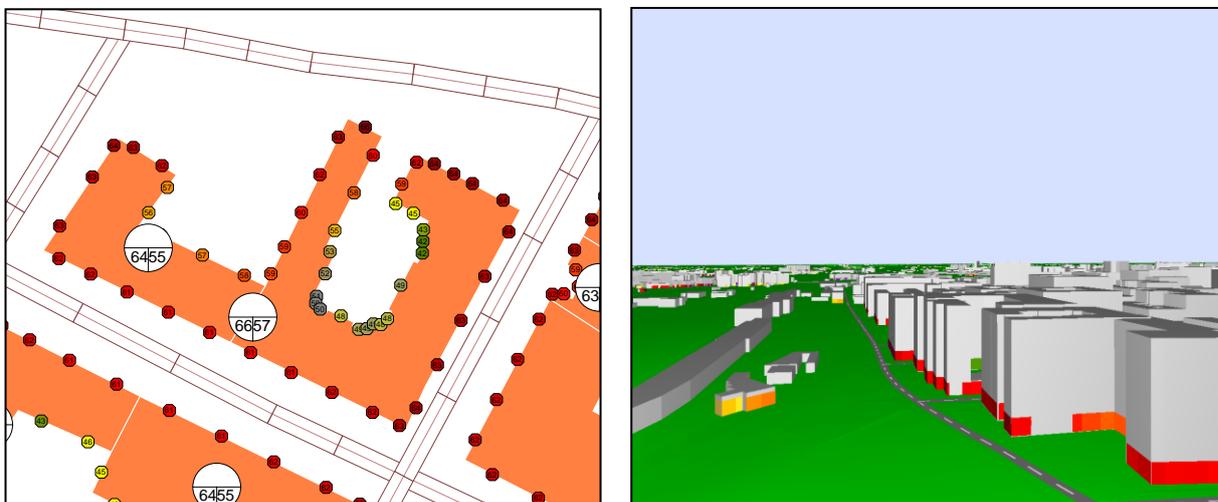


Figura 4.4 – Visualizzazione dei ricettori in facciata edificio e ricostruzione 3D

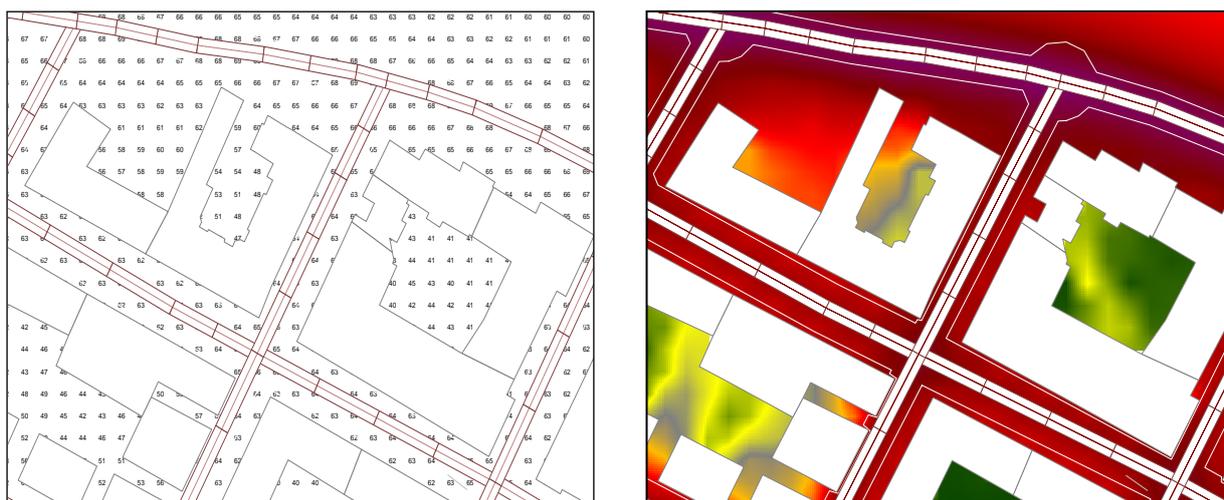


Figura 4.5 – Visualizzazione griglia ricettori e risultati del calcolo

#### 4.1.5 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. Così come imposto dalla normativa, nonché suggerito dalla GPG [6], per ogni edificio residenziale sono stati generati in automatico una serie di punti ricettori distribuiti lungo le facciate, aventi altezza di 4 metri relativi al suolo e distanziati tra loro di 3 metri.

La distanza tra ricettori e superficie 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.

Una volta lanciato il calcolo, all'interno del software CadnaA è stato richiamato il comando "Object-scan", scegliendo l'opzione "2002/49/CE Residenti per intervalli di rumore". In modo automatico il software ricava per ciascun edificio il livello massimo calcolato in facciata ed attribuisce tale livello al numero di abitanti ad esso associati. L'output finale, in linea con quanto richiesto dalle linee guida del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) 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", è costituito da una tabella in cui è riportato il numero totale di abitanti esposti a determinati intervalli di rumorosità, sia per l'indicatore  $L_{den}$  che per  $L_{night}$ . Attraverso lo stesso algoritmo è stato calcolato il numero di

edifici esposti al rumore, suddivisi in residenziali, scolastici e ospedali nonché la superficie dell'agglomerato esposta in km<sup>2</sup>. 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. Nella Tabella 4.8 è riportato il risultato di tali elaborazioni.

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [km <sup>2</sup> ]
Intervalli Lden	55-59	33.807	1122	16	3	31,81
	60-64	42.219	1295	18	3	16,46
	65-69	30.993	822	6	2	7,39
	70-74	5.930	162	1	0	3,51
	>75	10	1	0	0	1,32
Intervalli Lnight	50-54	44708	1337	18	2	24,19
	55-59	32473	881	10	3	10,23
	60-64	10036	298	2	0	5,08
	65-69	176	12	0	0	1,97
	> 70	0	0	0	0	0,55

Tabella 4.8: Popolazione, edifici e superficie esposti ai livelli di L<sub>den</sub> e L<sub>night</sub> – Infrastrutture stradali non principali

## 4.2 Mappatura dei siti di attività industriale

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

### 4.2.1 Individuazione e caratterizzazione acustica dei siti industriali

Gli insediamenti industriali da sottoporre a mappatura acustica, secondo la definizione riportata nell'art. 2 comma 1 lettera v) del D.Lgs. 194/05, 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 per il Comune di Foggia non è ancora entrata in vigore la classificazione acustica del territorio comunale, sono stati individuati gli insediamenti assoggettati ad A.I.A. (di

competenza statale e regionale) ricadenti all'interno dei confini amministrativi del comune di Foggia.

Nella tabella seguente è riportato l'elenco degli insediamenti con obbligo di mappatura, aggiornato al 31/05/16 in base alla documentazione in possesso di Arpa Puglia.

Nome	Sede operativa	Competenza	Codice IPPC
<b>FENICE S.p.a.</b>	Zona Industriale - Località "Incoronata"	Regionale	1.1
<b>SOC. COOP. NUOVA S. MICHELE</b>	Località "San Giuseppe"	Regionale	5.4
<b>ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA STATO S.p.a</b>	Via Leone XIII,n.333	Regionale	6.1b
<b>BARILLA G. e R. F.Ili S.p.A.</b>	S.S. 16 Km 684+300- Località "Incoronata"	Regionale	6.4b2
<b>MODERNE SEMOLERIE ITALIANE</b>	S.S. 16 Km 684+300- "Contrada Quercia S.Lorenzo"	Regionale	6.4b2
<b>Società consortile Alimentare Futuragri</b>	Zona ASI – Località incoronata	Regionale	6.4b
<b>Amiu Puglia Spa</b>	Località Passo Breccioso	Regionale	5.3

Tabella 4.9: Insediamenti industriali assoggettati ad A.I.A. nell'agglomerato di Foggia

In occasione della precedente MAS tutti gli insediamenti erano stati perimetrati in ambiente GIS e importati nel software CadnaA per la successiva taratura, basata sulle misure fonometriche svolte dagli stessi gestori nell'ambito delle procedure A.I.A. In particolare, a partire dall'analisi dei relativi layout erano 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 erano state tarate modulandone la potenza sonora sulla base dei livelli di rumore misurati strumentalmente presso i ricettori individuati dall'ente gestore, importati come "ricettori" all'interno del modello previsionale e posizionati sia all'interno che all'esterno dello stabilimento.

Per la revisione quinquennale delle mappature è stata quindi verificata la consistenza della precedente taratura rispetto ai nuovi livelli di rumore riportati nella documentazione aggiornata dei gestori a disposizione dell'Agenzia. Nei casi in cui la taratura della precedente MAS si è dimostrata non più rappresentativa della rumorosità degli impianti

simulati, sono state modificate le potenze sonore delle sorgenti fino ad ottenere la migliore corrispondenza tra valori misurati e valori calcolati tramite modello.

#### 4.2.2 Stima della popolazione esposta a sorgenti industriali

La valutazione della popolazione esposta al rumore prodotto dagli insediamenti industriali è stata effettuata utilizzando il software di simulazione CadnaA già descritto al paragrafo 4.1.4. Il calcolo è stato effettuato in facciata degli edifici residenziali esposti, secondo le stesse modalità descritte nel paragrafo 4.1.5.

Come già esplicitato al Paragrafo 4.1.1.2, l'assegnazione della popolazione agli edifici residenziali è stata effettuata utilizzando il metodo della densità volumetrica di popolazione, avendo preventivamente individuato gli edifici a destinazione d'uso abitativo.

Dopo la messa a punto del modello aggiornato relativo agli insediamenti industriali il software ha restituito i risultati riportati nella tabella seguente.

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie Esposta [km <sup>2</sup> ]
Intervalli Lden	55-59	83	7	0	0	1,69
	60-64	37	3	0	0	0,85
	65-69	11	3	0	0	0,38
	70-74	0	0	0	0	0,11
	>75	0	0	0	0	0,01
Intervalli Lnight	50-54	115	7	0	0	1,39
	55-59	5	2	0	0	0,71
	60-64	9	2	0	0	0,27
	65-69	0	0	0	0	0,07
	> 70	0	0	0	0	0

Tabella 4.10: Popolazione, edifici e superficie esposti ai livelli di  $L_{den}$  e  $L_{night}$  –  
Insediamenti industriali

#### 4.3 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 Foggia la rete ferroviaria si estende per circa 107 km, così ripartiti:

- ~ 100 Km in gestione a Rete Ferroviaria Italiana (RFI), di cui 14 Km condivisi con Ferrovie del Gargano (FdG)
- ~ 21 km in gestione a Ferrovie del Gargano (FdG), di cui circa 7 km interessati dalla linea Foggia-Lucera e 14 km (in condivisione con RFI) dalla linea Foggia-S. Severo

Di queste solo RFI gestisce assi ferroviari principali, di cui vengono riportati i risultati delle mappature aggiornate al 2016 al paragrafo 4.5.3.

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 precedente ciclo di scadenze e che deve pertanto produrre il relativo aggiornamento quinquennale.

Tutti gli assi ferroviari sopra descritti sono riportati in Figura 4.6 .

Per l'aggiornamento delle mappature delle infrastrutture ferroviarie non principali sono stati considerati lo stesso modello previsionale e la stessa metodologia adottati nel 2012, andando a modificare alcuni dati di input sulla base delle informazioni trasmesse dal gestore dell'infrastruttura.

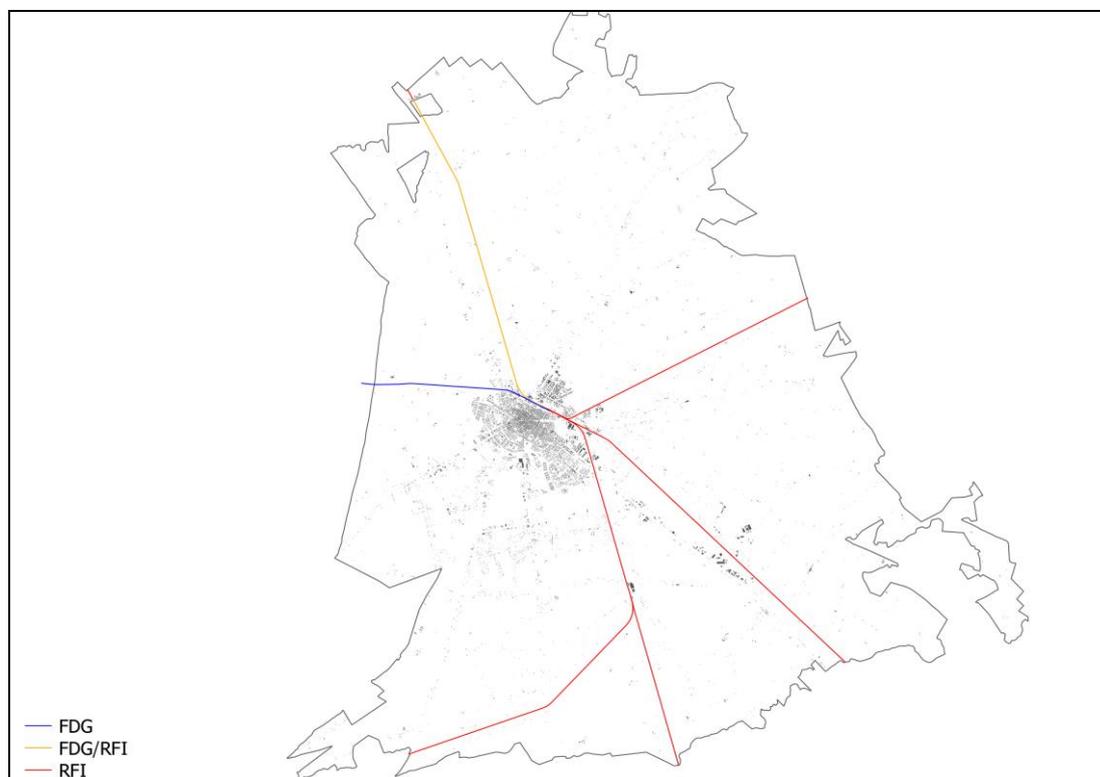


Figura 4.6 – Assi ferroviari all'interno dell'agglomerato di Foggia

Nei paragrafi successivi saranno pertanto richiamate le fasi di lavoro della precedente mappatura con cui è stato costruito il modello previsionale, per poi descrivere dove lo stesso è stato revisionato e quindi mostrare i risultati dell'aggiornamento.

#### **4.3.1 Caratterizzazione acustica dell'infrastruttura ferroviaria FdG**

Il software di modellizzazione acustica CadnaA implementa un modulo dedicato alla mappatura delle infrastrutture ferroviarie, secondo lo standard di calcolo SRM II, così come richiesto dal D.Lgs 194/05.

Analogamente agli assi stradali, ad ogni singola tratta ferroviaria viene associato un valore di potenza acustica, a seguito dell'inserimento di specifici dati di input che, nel caso in esame, sono i seguenti:

- numero di transiti dei convogli nei tre periodi di riferimento (Day, Evening e Night) lungo la tratta ferroviaria;
- tipologia del sistema frenante (freni a ceppi, freni a disco, etc.) del convoglio;
- percentuale di veicoli in condizione di frenatura;
- massima velocità raggiunta lungo la tratta;
- caratteristiche costruttive dei binari (cemento su ballast, legno su ballast, blocchi, etc.);
- tipo di rotaia (saldata, con scambi, etc.).

Per la calibrazione dei suddetti parametri è stata condotta una campagna di rilievi fonometrici 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 stata 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 4.7).

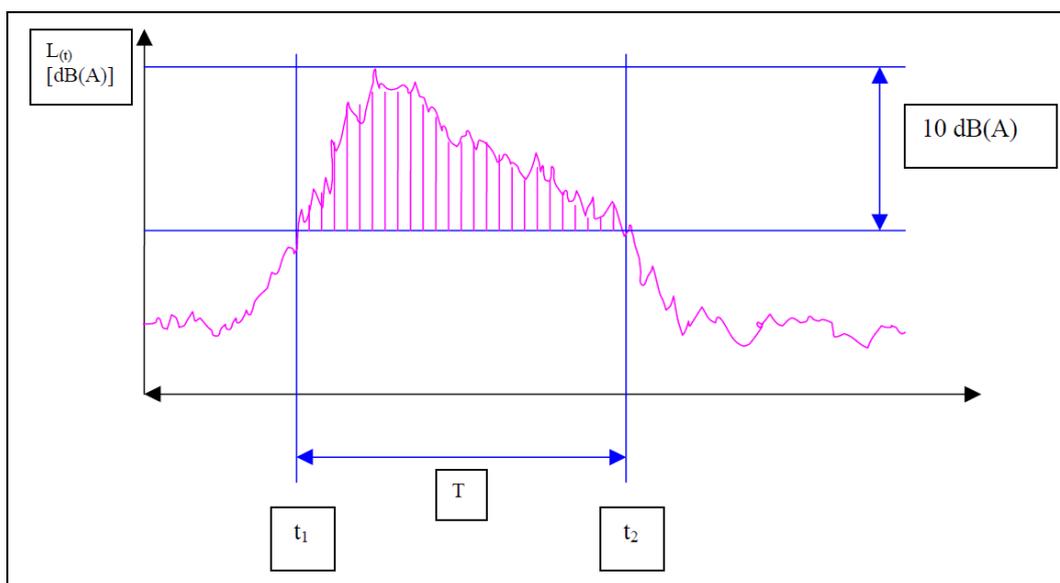


Figura 4.7 – Intervallo temporale di integrazione ed energia sonora considerata nel calcolo del SEL relativo al passaggio di un convoglio ferroviario

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 in gestione a FdG.

I rilievi sono stati eseguiti a ridosso dell'asse ferroviario della linea Foggia-Lucera ad una distanza di circa 10 metri dallo stesso e ad un'altezza pari ad 1 metro dal piano del ferro (Figura 4.8), all'interno di un periodo di osservazione pari a 2 ore (dalle 10.00 alle 12.00) in un giorno feriale.



Figura 4.8 – Rilievo fonometrico presso la linea Foggia-Lucera

In Tabella 4.11 si riportano i valori di SEL riferiti ai singoli passaggi misurati e il SEL medio ottenuto dagli stessi.

TRATTA	Tipologia Treno	Orario passaggio	SEL [dB(A)]
<i>Foggia-Lucera</i>	Stadler ETR 330	10.11	92.3
		10.38	92.3
		11.06	88.6
		11.12	92.4
		11.37	89.7
		11.44	92.2
		12.07	92.9
		12.12	92.9
<b>SEL MEDIO</b>			<b>91.9</b>

Tabella 4.11 – Misura del SEL per il transito di convogli ferroviari delle Ferrovie del Gargano

I mezzi che attraversano la linea monitorata sono tutti elettrotreni del tipo “Stadler ETR 330”.

Il software CadnaA dispone di un database contenente varie tipologie di treni e infrastrutture ferroviarie: scegliendo la combinazione treno-infrastruttura più simile alla situazione reale e modificando in maniera iterativa i parametri di input, è stato calibrato il modello di simulazione in modo da ottenere il minor scarto possibile tra il  $L_{eq}$  nei periodi day, evening, night (e di conseguenza DEN) calcolato dal software e quello misurato strumentalmente nel punto di indagine.

Nello specifico il valore del livello equivalente in uno specifico periodo di riferimento T ( $L_{eq,T}$ ) 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 :

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

La Tabella 4.12 riporta il confronto tra i valori di  $L_{eq,T}$  calcolati a partire dalle misure fonometriche e quelli ottenuti dal software di simulazione al termine del processo di taratura sia per i tre periodi di riferimento, sia per il livello complessivo  $L_{den}$ .

TRATTA	Modello	SEL <sub>medio</sub>	Leq <sub>T</sub> MISURATO			Leq <sub>T</sub> SIMULATO		
			D	E	N	D	E	N
<i>Foggia-Lucera</i>	ETR 330	85,5	61,9	59,3	55,1	61,5	59,0	54,7
<b>Lden</b>			<b>63,4</b>			<b>63,1</b>		

Tabella 4.12 – Confronto tra livelli misurati e livelli simulati per le tratte ferroviarie di FdG

### 4.3.2 Aggiornamento dei dati di input al modello

La configurazione descritta al paragrafo precedente, individuata per rappresentare l'infrastruttura ferroviaria di FdG e quindi simulare l'impatto acustico da essa derivante, è stata aggiornata sulla base delle informazioni richieste e fornite dallo stesso gestore, riguardanti alcuni dei principali dati di input al modello (cfr. Par. 4.3.1) . Esse sono elencate nella tabella seguente.

Tratta	Modello treno	Cat.*	Lunghezza treno (m)	Numero Convogli**			V max (Km/h)	% frenanti
				D	E	N		
Foggia - Lucera	ETR 330	C03	60	50	7	3	135	100
Foggia – San Severo	ETR 330	C03	60	18	0	0	150	100
	ALe 080	C01	20	4	2	0	100	100

\* Categoria Treno in funzione del sistema frenante :

- C01 = Treno diesel con freni a ceppi
- C03 = Treno passeggeri con freni a disco

\*\* Numero di treni in transito nei tre periodi di riferimento:

- D= day (06-20)
- E= evening (20-22)
- N=night (22-06)

Tabella 4.13 – Dati di input aggiornati trasmessi da FdG per la modellizzazione del rumore ferroviario

Si evidenzia che la categoria di treno ALe 080 non era stata inclusa nella campagna di monitoraggio della precedente mappatura; pertanto, considerato anche l'esiguo numero di passaggi e quindi la scarsa incidenza acustica ad essa riferita, è stata inserita

utilizzando una delle tipologie di treno incluse nel database di CadnaA, dopo aver individuato quella maggiormente corrispondente.

I nuovi dati di input sono stati quindi integrati nel modello per produrre le mappature e i dati di esposizione aggiornati, per i quali si rimanda al successivo paragrafo.

### 4.3.3 Stima della popolazione esposta al rumore delle ferrovie locali

Al termine del processo di calibrazione del modello aggiornato è stato stimato il numero di persone esposte e di edifici (residenziali, scolastici e ospedalieri) 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. I risultati sono riportati nella Tabella 4.14:

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [Km <sup>2</sup> ]
Intervalli Lden	55-59	69	8	1	0	0,66
	60-64	183	8	0	0	0,38
	65-69	0	0	0	0	0,09
	70-74	0	0	0	0	0
	>75	0	0	0	0	0
Intervalli Lnight	50-54	123	5	0	0	0,14
	55-59	0	0	0	0	0,08
	60-64	0	0	0	0	0
	65-69	0	0	0	0	0
	> 70	0	0	0	0	0

Tabella 4.14 - Popolazione, edifici e superficie esposti ai livelli di  $L_{den}$  e  $L_{night}$  – Rete ferroviaria locale

## 4.4 Mappatura dell'aeroporto

L'aeroporto di Foggia "Gino Lisa" non rientra tra gli aeroporti principali così come definiti dal D. Lgs. 194/05. Pertanto la valutazione della rumorosità all'interno dell'agglomerato di Foggia è in carico all'autorità competente individuata dalla Regione (Arpa Puglia), che ha già trasmesso i risultati della mappatura in riferimento al precedente ciclo di scadenze normative (giugno 2012).

L'estensione complessiva del sedime aeroportuale è di circa 211 ettari (Figura 4.9).



Figura 4.9 – Estensione del sedime aeroportuale dell' Aeroporto "Gino-Lisa"

La precedente mappatura acustica dell'aeroporto è stata ricavata a partire dalla mappatura del descrittore LVA nell'intorno aeroportuale, presentata da Aeroporti di Puglia (AdP) nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale per il progetto di prolungamento della pista di volo RWY 15/33, tenendo conto dei livelli di rumorosità registrati dalle centraline fonometriche permanenti ubicate nell'intorno dell'aeroporto.

Il lavoro si è articolato secondo le fasi di seguito riportate:

- Conversione della mappa relativa al descrittore LVA nelle mappe relative ad  $L_{den}$  e  $L_{night}$ ;
- Calcolo della popolazione esposta ai livelli  $L_{den}$  e  $L_{night}$ .

In riferimento al primo punto, la conversione si è basata sul calcolo dello scostamento medio annuale tra il descrittore LVA e i descrittori  $L_{den}$  e  $L_{night}$  presso le due centraline fonometriche adottate nell'ambito dello studio di AdP per la taratura del relativo modello previsionale. Lo scarto ottenuto è stato quindi applicato ad ogni punto della griglia LVA per ottenere il corrispettivo valore  $L_{den}$  e  $L_{night}$  e ricavare le relative mappature. Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla relazione descrittiva della MAS dell'agglomerato di Foggia, disponibile sul sito istituzionale di Arpa Puglia.

Per verificare la necessità di una revisione della mappatura relativa all' Aeroporto di Foggia sono stati messi a confronto il valore LVA annuale della precedente MAS (media del biennio 2010/ 2011), con quello relativo all'anno di osservazione dell'aggiornamento quinquennale (2016).

I dati si riferiscono allo storico di dati fonometrici delle centraline “Tratturo Campo Reale” e “Via del Salice”, consultabili dal software di gestione del sistema di monitoraggio permanente dell’intorno aeroportuale di Foggia (SaraWeb).

Postazione Misura	LVA <sub>2010-2011</sub> [dB(A)]	LVA <sub>2016</sub> [dB(A)]
Tratturo Campo Reale	56,3	48,0
Via del Salice	51,3	49,0

Come si può notare dal confronto, rispetto al biennio 2010-2011 è riscontrabile un calo della rumorosità aeroportuale, confermato dai dati ENAC sul numero totale di movimenti dello scalo [17], che passa dai 5190 del 2011 ai 457 del 2016.

#### 4.4.1 Stima della popolazione esposta al rumore aeroportuale

Alla luce di quanto esposto al paragrafo precedente, si è deciso di confermare i dati sull’esposizione al rumore aeroportuale della precedente mappatura, in occasione della quale gli unici ricettori impattati si collocavano al di sotto degli intervalli minimi richiesti dal D. Lgs. 194/05, anche per effetto dell’arrotondamento al centinaio disposto dal decreto.

Pertanto, considerando anche la riduzione del numero di voli nel corso dell’ultimo quinquennio e quindi l’assenza di variazioni nelle fasce di rumorosità interessate dalla direttiva END, non si segnalano aggiornamenti significativi nelle mappature e si rimanda al paragrafo 5.4 per la consultazione del numero di esposti.

#### 4.5 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 MATTM e pertanto i relativi dati sono stati riportati e integrati senza verificarne la consistenza.

La Tabella 4.15 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.

Nell'elenco non figurano gli enti gestori di infrastrutture che con nota formale trasmessa ad ARPA Puglia hanno dichiarato di non avere in gestione assi principali così come definiti dal D.Lgs 194/05 (es. Ferrovie del Gargano).

Tipologia di infrastruttura	Ente gestore	Dati disponibili
		Fonte
Stradale	Comune di Foggia	-
Stradale	Provincia di Foggia	-
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 non ci sono state variazioni nei dati di traffico e che le precedenti mappature rimangono valide
Stradale	ASPI	ASPI – Aggiornamento della Mappatura acustica ai sensi del D.Lgs.194/05 elaborata dal gestore (rif. Normativo 2017)
Ferroviaria	RFI	RFI – Aggiornamento della Mappatura acustica ai sensi del D.Lgs.194/05 elaborata dal gestore (rif. Normativo 2017)

Tabella 4.15: Suddivisione delle infrastrutture stradali e ferroviarie per gestori e dati disponibili ex D.Lgs 194/05 per l'agglomerato di Foggia

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 Foggia (*overall sources*);
- Popolazione esposta al rumore per tipologia di sorgente (*strade, ferrovie*);
- Popolazione esposta al rumore derivante dall'insieme di tutte le sorgenti presenti nell'agglomerato di Foggia (*overall 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 totale derivante dal totale delle sorgenti. 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'overall sources si è operata una 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.

#### **4.5.1 Mappatura acustica presentata da ANAS**

Nell'agglomerato di Foggia, gli unici assi stradali in gestione ad ANAS valutabili come principali ai sensi del dLgs. 194/05, sono la SS655 e la SS17, con un'estensione complessiva di circa 14 km.

In riferimento ad essi, il gestore ha comunicato con nota ufficiale trasmessa al MATTM e alla scrivente Agenzia, *“di non ritenere necessaria la rielaborazione delle mappe acustiche degli agglomerati, in quanto, come previsto dal comma 6 dell.art.3 del D.Lgs. 194/05, dal riesame delle stesse, in considerazione del mancato avvio del Piano di Contenimento e Abbattimento del Rumore e valutando non mutati i livelli di traffico veicolare, ritiene che non risulti modificato il clima acustico nell'intorno dell'infrastruttura stradale”*.

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) composta da una maglia 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;
- 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 4.16 è riportato il numero di persone esposte per ogni infrastruttura. Si specifica che il dato sulla popolazione esposta consegnato non è stato arrotondato al centinaio come richiesto dal D.Lgs 194/05.

STRADA	Numero di persone esposte a livelli di $L_{den}$ [dB(A)]				
	55-59	60-64	65-69	70-74	>75
SS 655	2	3	1	0	0
SS 17	1	1	0	0	0
<b>TOTALE</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
STRADA	Numero di persone esposte a livelli di $L_{night}$ [dB(A)]				
	50-54	55-59	60-64	65-69	>70
SS 655	3	2	0	0	0
SS 17	1	1	0	0	0
<b>TOTALE</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Tabella 4.16: Numero di persone esposte ai livelli di  $L_{den}$  e  $L_{night}$  – ANAS

#### 4.5.2 Mappatura acustica presentata da Autostrade per l'Italia

Relativamente all'agglomerato di Foggia, Autostrade per l'Italia ha comunicato con nota ufficiale trasmessa al MATTM e alla scrivente Agenzia in data febbraio 2017 la documentazione di aggiornamento delle mappature acustiche riguardanti il tratto dell'A14 ricadente all'interno dei confini amministrativi. La documentazione prodotta contiene:

- Relazione tecnica (formato pdf);
- NoiseDirectiveDF4\_8\_2017 (file excel);
- Metadata DF4 (file xml);
- Localizzazione delle sorgenti (formato shapefile);
- Curve isofoniche sia per  $L_{den}$  che  $L_{night}$  (formato shapefile);
- Isoaree sia per  $L_{den}$  che  $L_{night}$  (formato shapefile);
- Confine del comune (formato shapefile);
- Edifici a destinazione d'uso prevalente residenziale (formato shapefile);
- Edifici a destinazione d'uso prevalente produttiva (formato shapefile);
- Bordo stradale (formato shapefile);
- Punti a 4 metri di altezza che riportano l'impatto sull'edificio individuandone la tipologia di facciata (più esposta o meno esposta se presente) ed i relativi  $L_{den}$  ed  $L_{night}$  (formato shapefile);
- Punti a 4 m di altezza che riportano l'impatto sulla mappa del terreno in maglia regolare 10 x 10 m con relativi  $L_{den}$  ed  $L_{night}$  (formato shapefile);

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 4.17.

A14 cod.: IT_a_rd0002012	Numero di persone esposte a livelli di $L_{den}$ [dB(A)]				
	55-59	60-64	65-69	70-74	>75
	300	200	100	0	0
	Numero di persone esposte a livelli di $L_{night}$ [dB(A)]				
	50-54	55-59	60-64	65-69	>70
	300	100	0	0	0

Tabella 4.17: Numero di persone esposte ai livelli di  $L_{den}$  e  $L_{night}$ , arrotondate al centinaio – Autostrade per l'Italia

### 4.5.3 Mappatura acustica presentata da RFI

I dati aggiornati consegnati dal gestore sono di seguito elencati:

- Data Flow (file excel);

- Confini\_comunali\_Foggia (formato shapefile);
- File vettoriale relativo agli assi ferroviari (formato shapefile);
- File vettoriale comprendente le aree isolivello  $L_{den}$ , (formato shapefile);
- File vettoriale del grigliato dei punti ricettori a passo 10 per 10 metri, calcolato ad altezza 4 metri, per gli indicatori  $L_d$ ,  $L_e$ ,  $L_n$ ,  $L_{den}$ , (formato shapefile);
- Dati di traffico (file excel);
- File vari con Metadati.
- Anche in questo caso i dati di popolazione esposta (arrotondati al centinaio) sono stati ricavati dal file “END Reporting Mechanism Data Template” e sono riportati in Tabella 4.18:

Numero di persone esposte a livelli di $L_{den}$ [dB(A)]					
55-59	60-64	65-69	70-74	>75	TOT
4900	2500	1200	800	200	9600
Numero di persone esposte a livelli di $L_{night}$ [dB(A)]					
50-54	55-59	60-64	65-69	>70	TOT
9900	4900	1900	900	900	18500

Tabella 4.18: Numero di persone esposte ai livelli di  $L_{den}$  e  $L_{night}$  – RFI

## 4.6 Incertezza nella predisposizione della mappa acustica strategica

Nella predisposizione della mappa acustica strategica dell’agglomerato di Foggia, 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 4.19:

Deviazione standard potenza sonora [dB]			
Categoria strade	Fascia oraria 06-20	Fascia oraria 20-22	Fascia oraria 22-06
1	2,9	2,2	2,3
2	1,9	2,0	2,4
3	5,0	4,9	4,0

Tabella 4.19: 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. *Incerteza strumentale*: dipende dalla classe di precisione dello strumento; per strumenti di classe 1 risulta dell'ordine di 0,5 dB(A) [10];
2. *Incerteza 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/TR 11326 [10] è dell'ordine di 0,3 dB(A);
3. *Incerteza 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) [10].

### **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. *Incerteza 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 [11]. La deviazione standard  $\sigma_b$  del modello associata alla propagazione del rumore è infatti rappresentata dalla seguente espressione:

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

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  $\sigma$  deriva dal contributo dell'incertezza sulla sorgente  $\sigma_S$  e dell'incertezza legata alla propagazione sonora  $\sigma_D$  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  $\sigma_S$  andrebbe effettuata componendo il contributo dell'incertezza legata a ciascuna singola sorgente  $\sigma_n$ , attraverso la seguente espressione [13]:

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

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. E' però possibile stimare, a titolo esemplificativo e 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 Foggia. 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 (trascurando quindi gli effetti derivanti dall'incertezza

della catena strumentale), è possibile prevedere l'incertezza totale del modello di calcolo presso il ricevitore.

Nella figura seguente è riportata la mappa dell'incertezza sul valore  $L_{night}$  associata e ad una sola strada dell'agglomerato di Foggia di classe 1, nel periodo di riferimento notturno, con deviazione standard sul valore di potenza sonora pari a 2,0 dB (cfr. Tabella 4.19).

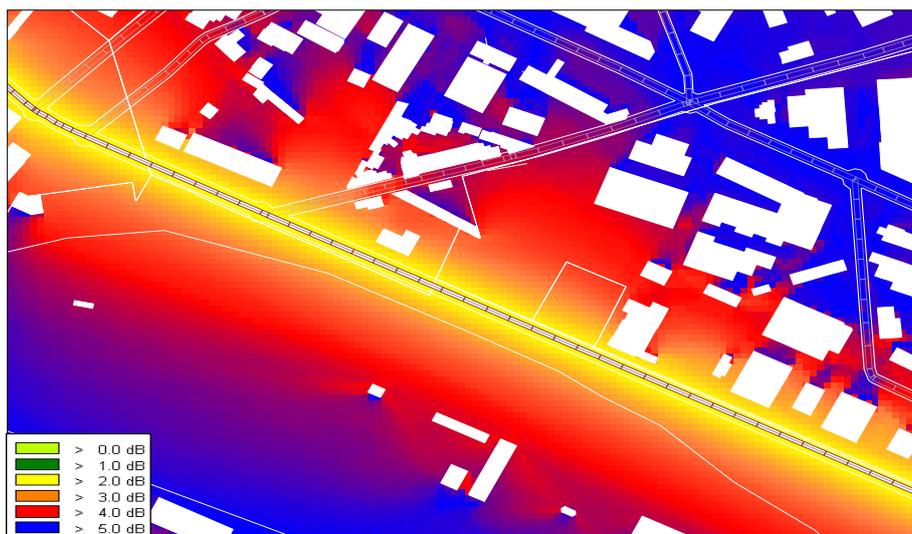


Figura 4.10 – Esempio di propagazione dell'incertezza nella modellizzazione del rumore stradale

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 4.1.1.2, che sfrutta la densità volumetrica abitativa fornita dai dati di censimento ISTAT del 2011, 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).

## 5 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.

Nei paragrafi a seguire saranno presentati i risultati delle mappature aggiornate in termini di popolazione esposta al rumore.

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);
- Popolazione esposta a livelli  $L_{den}$  e  $L_{night}$  generati dal rumore di tutte le sorgenti attive (*overall sources*) nell' agglomerato di Foggia.

Nel primo caso (rumore generato dalle sole infrastrutture principali), poiché non sono state rese disponibili informazioni in merito ad eventuali infrastrutture principali in gestione al Comune di Foggia e alla Provincia di Foggia, la cui richiesta era stata formulata con nota ARPA Puglia n. 31282 del 19/05/2016 e sollecitata con nota n. 14191 del 08/03/2017, il numero degli esposti è quello fornito da RFI per le ferrovie e da ANAS e ASPI per le strade. Per le Major Railways sono state importate le mappature del gestore come raster con maglia 5x5 metri, da cui è stato estratto il valore massimo del livello sonoro da associare ad ogni edificio, dopo aver scorporato il contributo energetico dovuto alla riflessione in facciata, pari a 3 dB.

Per le Major Roads le mappature di ANAS e ASPI sono state sommate energeticamente in ambiente GIS e il risultato ottenuto è stato utilizzato nuovamente per estrarre il massimo valore in facciata per il calcolo degli esposti, sempre dopo aver considerato la riduzione energetica di 3 dB della riflessione in facciata.

Nel secondo e nel terzo caso (rumore distinto per tipologia di sorgente e rumore derivante da tutte le sorgenti attive) si è deciso di operare attraverso la somma energetica

tra le mappe fornite dagli enti gestori di infrastrutture principali e i livelli stimati dalle simulazioni acustiche operate dal software CadnaA per le infrastrutture non principali. Nello specifico il metodo applicato ha previsto:

- l'export dei livelli calcolati in facciata da CadnaA. Essi corrispondono a dei punti distanziati 3 metri l'uno dall'altro, in formato shapefile, i cui attributi contengono un campo identificativo dell'edificio su cui il punto è posizionato e due campi corrispondenti ai valori  $L_{den}$  e  $L_{night}$  (Figura 5.1 (a));
- importazione degli stessi punti in ambiente GIS e sovrapposizione alle mappature acustiche delle infrastrutture principali fornite dagli enti gestori, preventivamente trasformate in mappe raster con cella di dimensioni 5x5 metri (Figura 5.1 (b)) e ridotte energeticamente di 3 dB, valore pari al contributo derivante dalla riflessione in facciata presso il ricettore (come richiesto dal D.Lgs 194/05);
- creazione di due nuovi campi agli attributi dello shapefile dei punti in facciata, contenenti i livelli  $L_{den}$  e  $L_{night}$  associati alle infrastrutture principali, estratti dal raster di appartenenza e necessari per operare la somma energetica;
- calcolo della somma tra i livelli associati alle due tipologie di infrastrutture (principali e non), inserendo il risultato in un nuovo campo dello shapefile relativo ai punti in facciata.

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 5.1 (c)).

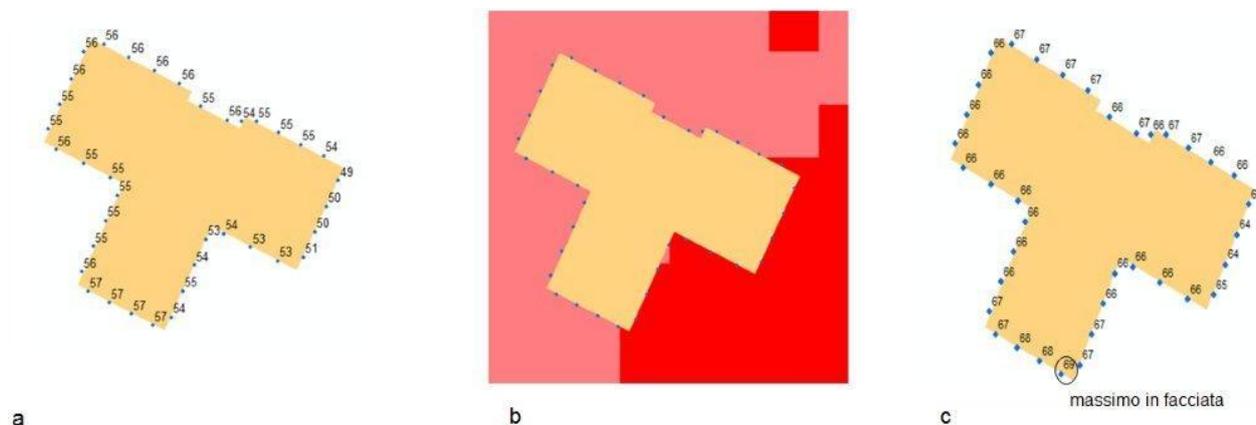


Figura 5.1 – Somma energetica di mappe acustiche in ambiente GIS : a) output dei livelli  $L_{den}$  e  $L_{night}$  in facciata dal software Cadna; b) integrazione dei punti in facciata con mappe raster delle infrastrutture principali; c) somma energetica sui punti in facciata

Il punto caratterizzato dal livello somma più alto è stato quindi utilizzato per determinare il livello della facciata maggiormente esposta ed associato all'edificio e di conseguenza al numero di abitanti in esso residenti.

Occorre segnalare che in tutti i casi non vi è mai una 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 ad uno dei 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;
3. Riduzione energetica pari a 3 dB del contributo della riflessione in facciata dalle mappature del gestore.

Nei paragrafi che seguono è riportato, per ogni tipologia di sorgente e per tutte le sorgenti (*overall sources*), il numero di persone esposte agli intervalli di  $L_{den}$  e  $L_{night}$  espresso in unità ed arrotondato al centinaio così come richiesto dal D. Lgs 194/05. Il numero di edifici esposti (fornito in ottemperanza alle Linee Guida del MATTM relative alla stesura delle relazioni per le MAS [16]), distinti per destinazione d'uso, è invece riportato con il suo valore esatto e non arrotondato come nel caso delle persone esposte. Pertanto nelle tabelle che seguono possono risultare intervalli di rumore in cui, pur essendoci edifici residenziali esposti, non risultano residenti esposti in quanto solo quest'ultimo dato è arrotondato alle centinaia.

## 5.1 Infrastrutture stradali

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

In Tabella 5.1 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*) ricavati a partire dalla somma energetica delle mappature di ANAS e ASPI, unici gestori noti di infrastrutture principali nell'agglomerato.

Come detto, il dato sulla popolazione è arrotondato al centinaio, come richiesto dal D.Lgs. 194/05 mentre gli edifici esposti, distinti per destinazione d'uso, sono riportati con il loro valore esatto (pertanto in tabella possono risultare edifici ma non residenti esposti).

Si evidenzia che la discrepanza riscontrata tra il dato trasmesso dai gestori (cfr. Tabella 4.16 e Tabella 4.17) e il dato ottenuto mediante somma energetica potrebbe derivare da quanto già evidenziato al paragrafo precedente.

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [km <sup>2</sup> ]
Intervalli Lden	55-59	200	33	0	0	5,45
	60-64	100	15	0	0	10,85
	65-69	0	5	0	0	4,10
	70-74	0	0	0	0	1,69
	>75	0	0	0	0	1,17
Intervalli Lnight	50-54	0	12	0	0	10,69
	55-59	200	23	0	0	5,0
	60-64	100	7	0	0	4,29
	65-69	0	4	0	0	2,0
	> 70	0	0	0	0	0,63

Tabella 5.1: Popolazione, edifici e superficie esposti ai livelli di L<sub>den</sub> e L<sub>night</sub> generato dalle infrastrutture principali – Rumore emesso dal traffico veicolare sulle *Major Roads*

In Tabella 5.2 lo stesso dato è invece riferito a tutte le infrastrutture stradali dell'agglomerato, indipendentemente dai flussi di traffico.

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [km <sup>2</sup> ]
Intervalli Lden	55-59	33900	1138	16	3	35,74
	60-64	42.300	1311	18	3	30,40
	65-69	31.000	829	6	2	11,75
	70-74	5.900	162	1	0	5,57
	>75	0	1	0	0	2,16
Intervalli Lnight	50-54	44.700	1404	18	2	39,95
	55-59	32.700	902	10	3	15,57
	60-64	10.100	306	2	0	9,49
	65-69	200	16	0	0	3,96
	> 70	0	0	0	0	1,10

Tabella 5.2: Popolazione, edifici e superficie esposti ai livelli di L<sub>den</sub> e L<sub>night</sub> – Rumore emesso dal traffico veicolare

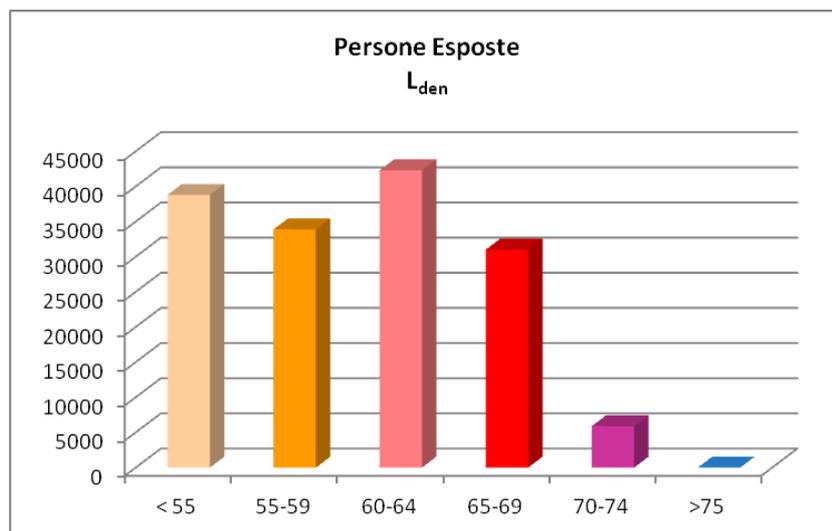


Figura 5.2 – Numero totale di persone esposte al rumore da traffico veicolare –  $L_{den}$  per classe di esposizione

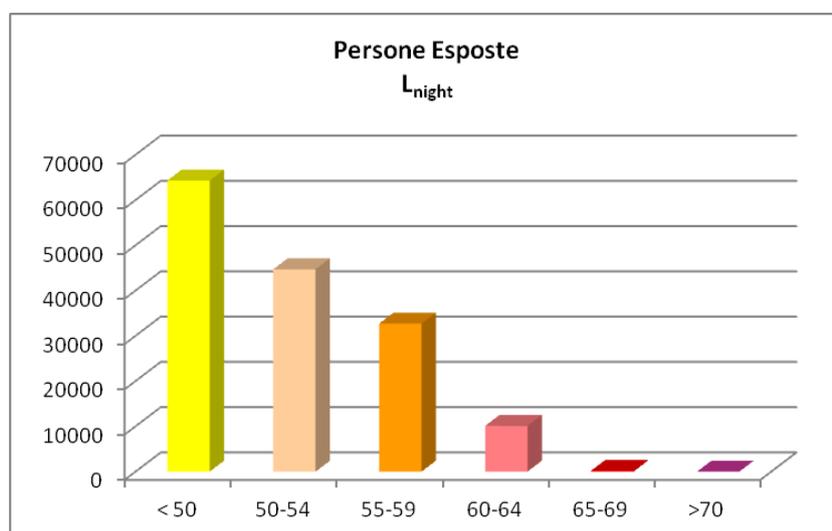


Figura 5.3 – Numero totale di persone esposte al rumore da traffico veicolare –  $L_{night}$  per classe di esposizione

Percentuale di persone esposte a livelli di $L_{den}$ [dB(A)]						
< 55	55-59	60-64	65-69	70-74	>75	TOT
26%	22%	28%	20%	4%	0%	100%
Percentuale di persone esposte a livelli di $L_{night}$ [dB(A)]						
< 50	50-54	55-59	60-64	65-69	>70	TOT
42%	29%	22%	7%	0%	0%	100%

Tabella 5.3: Percentuale di persone esposte ai livelli di  $L_{den}$  e  $L_{night}$  – Rumore emesso dal traffico veicolare

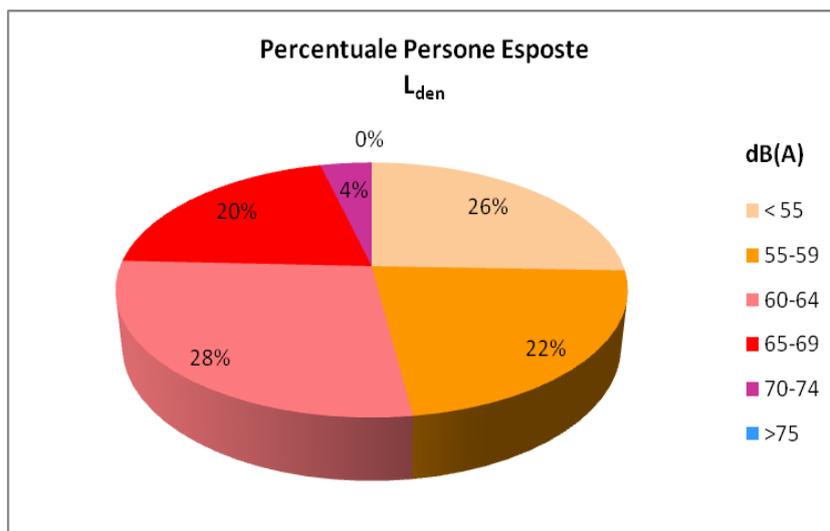


Figura 5.4 – Percentuale di persone esposte al rumore da traffico veicolare –  $L_{den}$  per classe di esposizione

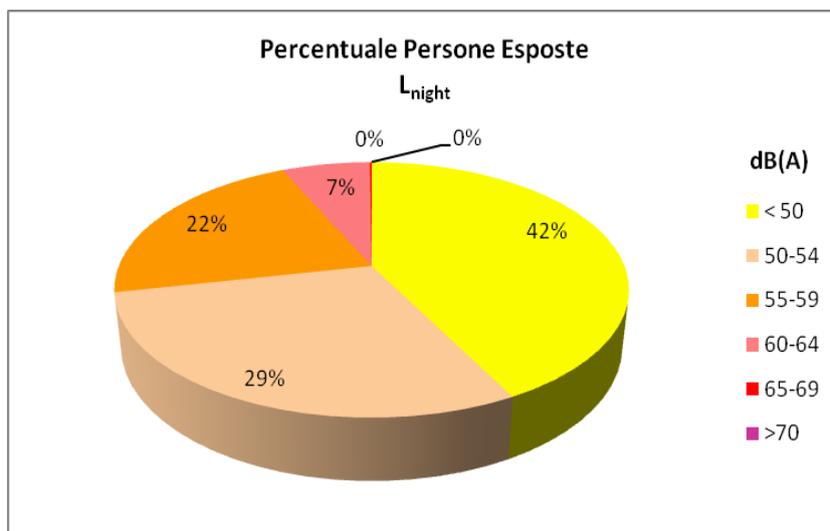


Figura 5.5 – Percentuale di persone esposte al rumore da traffico veicolare –  $L_{night}$  per classe di esposizione

## 5.2 Infrastrutture ferroviarie

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

I dati inseriti in Tabella 5.4 rappresentano la popolazione, gli edifici e la superficie esposti al rumore prodotto dalle infrastrutture ferroviarie principali (*Major Railways*) di RFI, ricavato mediante calcolo in facciata in ambiente GIS a partire dalle mappature a 4 m del gestore. Gli edifici esposti, distinti per destinazione d'uso, sono riportati con il loro valore esatto (pertanto in tabella possono risultare edifici ma non residenti esposti).

La differenza di esposti rispetto al dato del gestore (Cfr. Par. 4.5.3) è da attribuirsi con tutta probabilità ad uno degli aspetti richiamati al paragrafo 5.

In Tabella 5.5 il risultato è invece riferito all'esposizione al rumore di tutta la rete di infrastrutture ferroviarie, senza distinzioni tra infrastrutture principali e non principali.

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [km <sup>2</sup> ]
Intervalli Lden	55-59	2200	138	3	0	12,79
	60-64	800	76	0	0	7,51
	65-69	200	29	0	0	3,65
	70-74	0	17	0	0	2,30
	>75	0	0	0	0	0,83
Intervalli Lnight	50-54	2900	175	1	0	12,34
	55-59	2200	136	3	0	11,78
	60-64	600	58	0	0	6,48
	65-69	100	20	0	0	3,29
	> 70	0	16	0	0	2,49

Tabella 5.4: Popolazione, edifici e superficie esposti ai livelli di L<sub>den</sub> e L<sub>night</sub> generato dalle infrastrutture principali – Rumore emesso dal traffico ferroviario sulle *Major Rails*

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [km <sup>2</sup> ]
Intervalli Lden	55-59	2300	140	3	0	13,09
	60-64	1000	84	0	0	7,66
	65-69	200	30	0	0	3,75
	70-74	0	17	0	0	2,33
	>75	0	0	0	0	0,83
Intervalli Lnight	50-54	3200	180	1	0	12,45
	55-59	2200	136	3	0	11,85
	60-64	600	58	0	0	6,47
	65-69	100	20	0	0	3,29
	> 70	0	16	0	0	2,5

Tabella 5.5: Popolazione, edifici e superficie esposti ai livelli di L<sub>den</sub> e L<sub>night</sub> – Rumore emesso dal traffico ferroviario

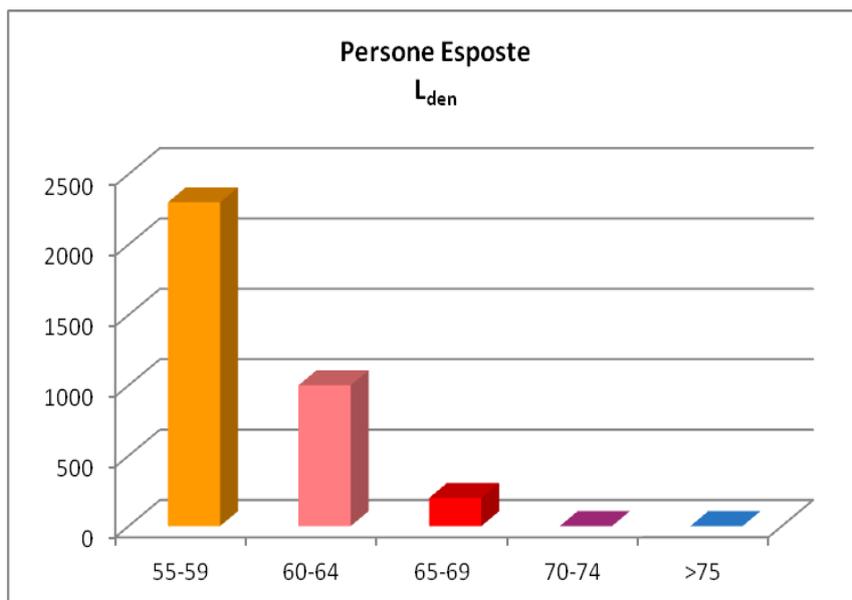


Figura 5.6 – Numero di persone esposte al rumore da traffico ferroviario –  $L_{den}$  per classe di esposizione

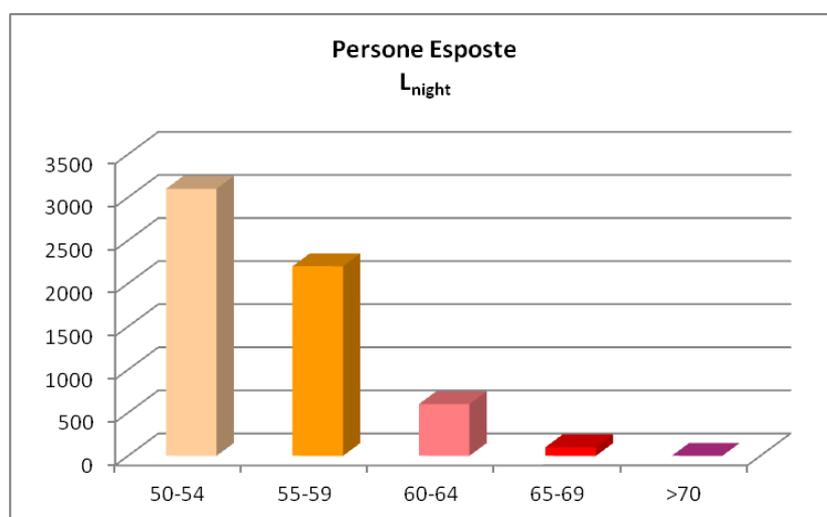


Figura 5.7 – Numero di persone esposte al rumore da traffico ferroviario –  $L_{night}$  per classe di esposizione

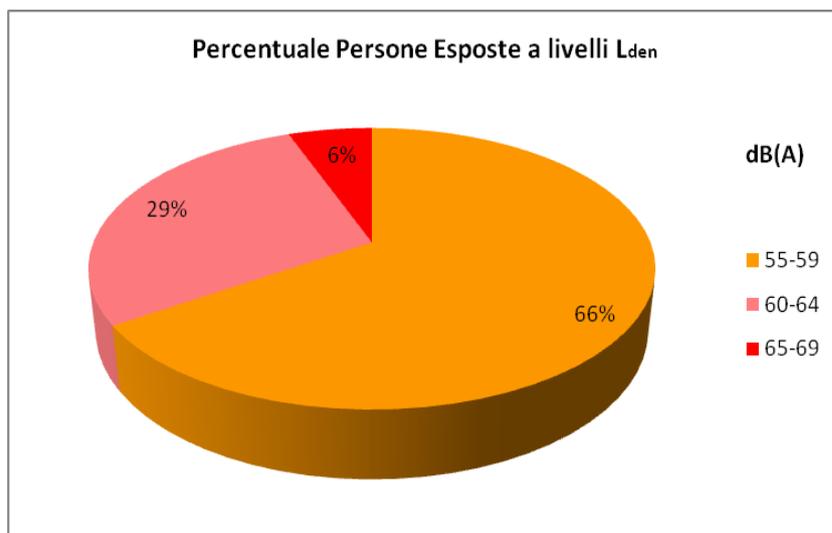


Figura 5.8 – Percentuale di persone esposte al rumore da traffico ferroviario –  $L_{den}$  per classe di esposizione

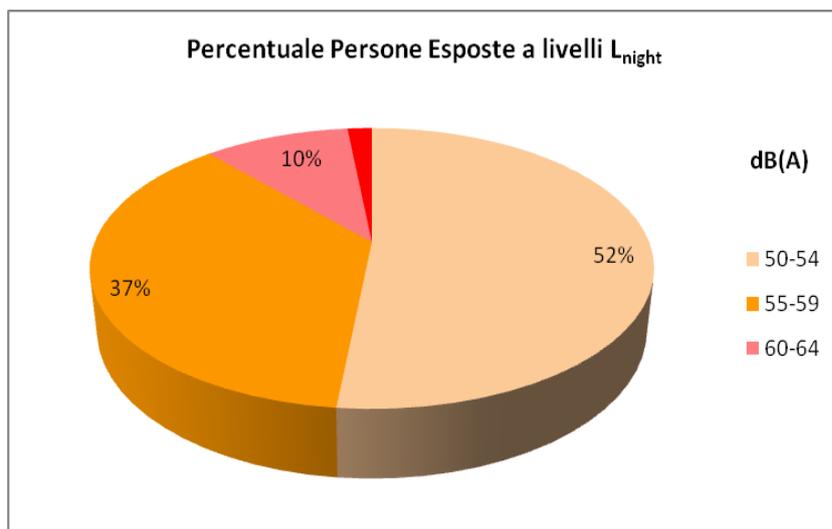


Figura 5.9 – Percentuale di persone esposte al rumore da traffico ferroviario –  $L_{night}$  per classe di esposizione

### 5.3 Siti di attività industriale

Il numero totale di persone esposte al rumore prodotto dai siti di attività industriale, arrotondato al centinaio, come richiesto da normativa, è riportato in Tabella 5.6).

Al solito in tabella si riporta anche il numero di edifici esposti distinti per destinazione d'uso e riportati con il loro valore esatto (pertanto in tabella per alcune fasce di rumore possono risultare edifici ma non residenti esposti) nonché la superficie dell'agglomerato esposta in  $km^2$ .

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [km <sup>2</sup> ]
Intervalli Lden	55-59	100	7	0	0	1,69
	60-64	100	3	0	0	0,85
	65-69	0	3	0	0	0,38
	70-74	0	0	0	0	0,11
	>75	0	2	0	0	0,01
Intervalli Lnight	50-54	100	7	0	0	1,39
	55-59	0	2	0	0	0,71
	60-64	0	2	0	0	0,27
	65-69	0	0	0	0	0,07
	> 70	0	0	0	0	0

Tabella 5.6: Popolazione, edifici e superficie esposti ai livelli di L<sub>den</sub> e L<sub>night</sub> – Rumore emesso dai siti di attività industriale

## 5.4 Aeroporto

Nella Tabella 5.7 sono riportati i risultati in termini di residenti esposti agli intervalli di Lden e Lnight, arrotondati al centinaio, 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<sup>2</sup>.

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [km <sup>2</sup> ]
Intervalli Lden	55-59	0	6	0	0	0,57
	60-64	0	1	0	0	0,37
	65-69	0	0	0	0	0,18
	70-74	0	0	0	0	0
	>75	0	0	0	0	0
Intervalli Lnight	50-54	0	2	0	0	0,55
	55-59	0	0	0	0	0,26
	60-64	0	0	0	0	0
	65-69	0	0	0	0	0
	> 70	0	0	0	0	0

Tabella 5.7: Popolazione, edifici e superficie esposti ai livelli di L<sub>den</sub> e L<sub>night</sub> – Rumore emesso dall'Aeroporto

## 5.5 Esposizione al rumore globale (*overall sources*)

In Tabella 5.8 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.

Gli edifici esposti, distinti per destinazione d'uso, sono riportati con il loro valore esatto (pertanto in tabella per alcune fasce di rumore possono risultare edifici ma non residenti esposti).

		Pop. Esposta	Ed. Res.	Scuole	Ospedali	Superficie esposta [km <sup>2</sup> ]
Intervalli $L_{den}$	55-59	34200	1164	18	3	46,28
	60-64	42800	1383	18	3	36,07
	65-69	31800	880	6	2	16,34
	70-74	6000	178	1	0	8,11
	>75	0	2	0	0	3,05
Intervalli $L_{night}$	50-54	46000	1483	19	2	47,93
	55-59	34200	1022	12	3	28,31
	60-64	11000	379	2	0	16,32
	65-69	300	37	0	0	7,47
	> 70	0	16	0	0	3,65

Tabella 5.8: Popolazione, edifici e superficie esposti ai livelli di  $L_{den}$  e  $L_{night}$  – *Overall sources*

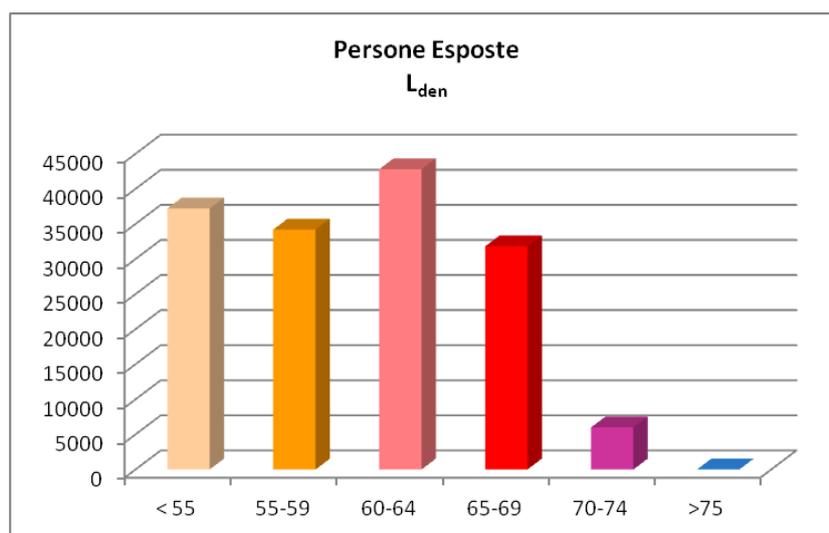


Figura 5.10 – Numero di persone esposte al rumore di tutte le sorgenti -  $L_{den}$  per classe di esposizione

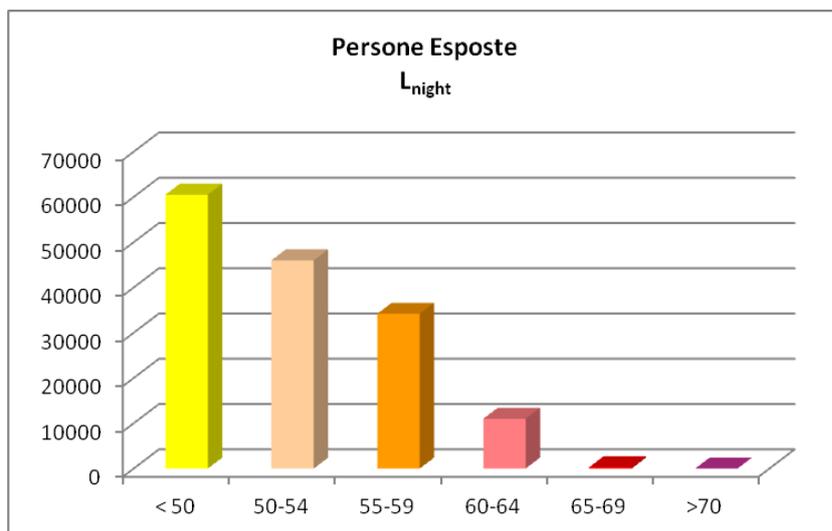


Figura 5.11 – Numero di persone esposte al rumore di tutte le sorgenti –  $L_{night}$  per classe di esposizione

Percentuale di persone esposte a livelli di $L_{den}$ [dB(A)]						
< 55	55-59	60-64	65-69	70-74	>75	TOT
24%	23%	28%	21%	4%	0%	100%
Percentuale di persone esposte a livelli di $L_{night}$ [dB(A)]						
< 50	50-54	55-59	60-64	65-69	>70	TOT
40%	30%	23%	7%	0%	0%	100%

Tabella 5.9: Percentuale di persone esposte ai livelli di  $L_{den}$  e  $L_{night}$  – Rumore emesso da tutte le sorgenti attive

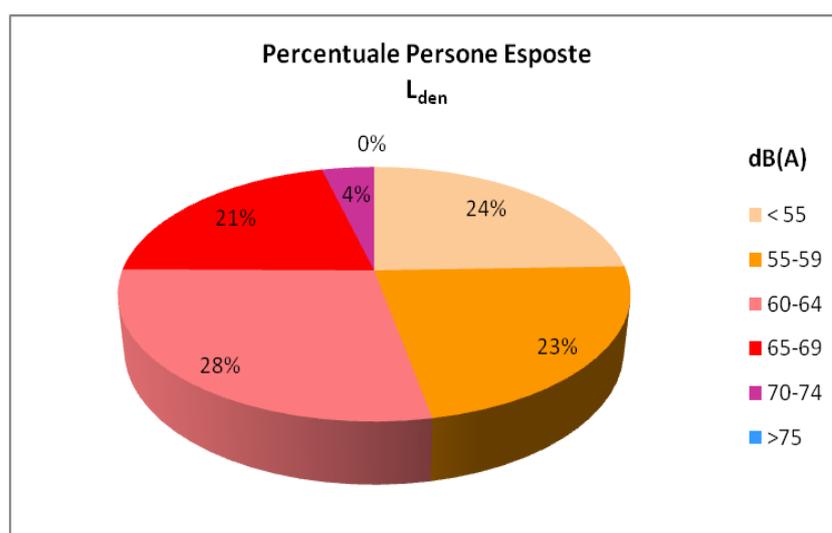


Figura 5.12 – Percentuale di persone esposte al rumore di tutte le sorgenti attive–  $L_{den}$  per classe di esposizione

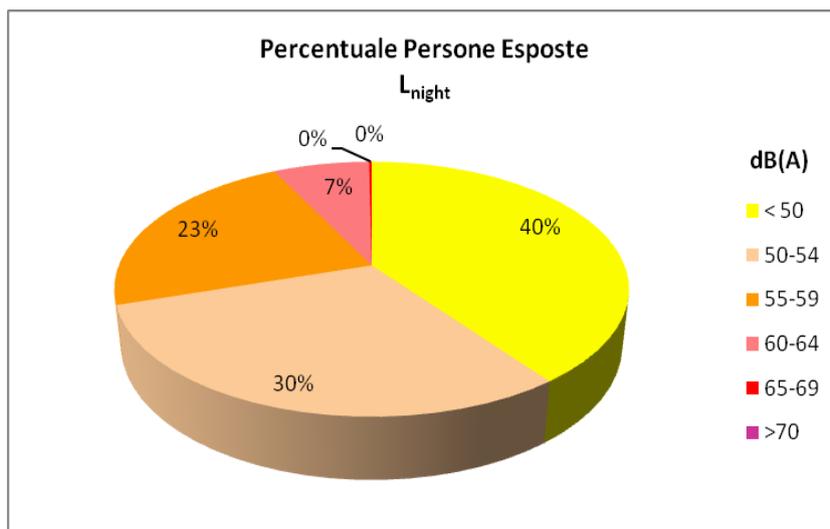


Figura 5.13 – Percentuale di persone esposte al rumore di tutte le sorgenti attive – L<sub>night</sub> per classe di esposizione

## 6 MATERIALE TRASMESSO

I risultati della mappa acustica strategica dell'agglomerato di Foggia sono stati trasmessi in conformità alle nuove linee guida del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), relative alla “*Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.Lg.s 194/05)*” [15] (aggiornate a Marzo 2017) e pertanto in conformità ai requisiti minimi di cui all'allegato 4 del D.Lgs. 194/05. Nelle tabelle seguenti è riportato l'elenco della documentazione trasmessa.

DATI IN FORMATO NON EDITABILE		
<b>Categoria</b>	<b>Nome file</b>	<b>Descrizione/scala</b>
REPORT IMAGES – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_OverallSources_NoiseContourMap_Lden.pdf	Curve isolivello Lden overall – 1:10000
REPORT IMAGES – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_OverallSources_NoiseContourMap_Lnight.pdf	Curve isolivello Lnight overall – 1:10000
REPORT IMAGES – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_OverallSources_NoiseAreaMap_Lden.pdf	Curve isolivello Lden overall – 1:10000
REPORT IMAGES – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_OverallSources_NoiseAreaMap_Lnight.pdf	Curve isolivello Lnight overall – 1:10000
REPORT IMAGES – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Report.pdf	Relazione tecnica

DATI IN FORMATO EDITABILE		
<b>Categoria</b>	<b>Nome file</b>	<b>Descrizione</b>
REPORTING MECHANISM – DF1_5	NoiseDirectiveDF1_5_DF1_5_Agg_IT_a_ag00018.xls	Notifica agglomerato
REPORT MECHANISM – DF2	NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_IT_a_ag00018_AP.xls	Informazioni su autorità competenti
REPORT MECHANISM – DF2	NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_IT_a_ag00018_AP_Collect.xls	Informazioni su autorità competenti
REPORT MECHANISM – DF2	NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_IT_a_ag00018_Collect_AggAir.xls	Informazioni su autorità competenti
REPORT MECHANISM – DF2	NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_IT_a_ag00018_Collect_AggInd.xls	Informazioni su autorità competenti
REPORT MECHANISM – DF2	NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_IT_a_ag00018_Collect_AggRail.xls	Informazioni su autorità competenti
REPORT MECHANISM – DF2	NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_IT_a_ag00018_Collect_AggRoad.xls	Informazioni su autorità competenti
REPORT MECHANISM – DF2	NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_IT_a_ag00018_Map_AggAir.xls	Informazioni su autorità competenti
REPORT MECHANISM – DF2	NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_IT_a_ag00018_Map_AggInd.xls	Informazioni su autorità competenti
REPORT MECHANISM – DF2	NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_IT_a_ag00018_Map_AggRail.xls	Informazioni su autorità competenti
REPORT MECHANISM – DF2	NoiseDirectiveDF2_DF2_Agg_IT_a_ag00018_Map_AggRoad.xls	Informazioni su autorità competenti
REPORTING MECHANISM – DF4_8	NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_IT_a_ag00018_Air.xls	Dati Mappa Acustica Strategica
REPORTING MECHANISM – DF4_8	NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_IT_a_ag00018_Air_Major.xls	Dati Mappa Acustica Strategica

<b>DATI IN FORMATO EDITABILE</b>		
<b>Categoria</b>	<b>Nome file</b>	<b>Descrizione</b>
REPORTING MECHANISM – DF4_8	NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_IT_a_ag00018_ALL.xls	Dati Mappa Acustica Strategica
REPORTING MECHANISM – DF4_8	NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_IT_a_ag00018_Ind.xls	Dati Mappa Acustica Strategica
REPORTING MECHANISM – DF4_8	NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_IT_a_ag00018_Rail.xls	Dati Mappa Acustica Strategica
REPORTING MECHANISM – DF4_8	NoiseDirectiveDF4_8_DF4_8_Agg_IT_a_ag00018_Road.xls	Dati Mappa Acustica Strategica
SHAPEFILE METADATA – DF1_5	IT_a_DF1_5_2015_Agg_IT_a_ag00018_Location.shp	Shapefile notifica agglomerato
SHAPEFILE METADATA – DF1_5	IT_a_DF1_5_2015_Agg_IT_a_ag00018_Location.xls	Metadato notifica agglomerato
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_OverallSources_NoiseAreaMap_Lden.shp	Shapefile aree isolivello Lden overall
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_OverallSources_NoiseAreaMap_Lnight.shp	Shapefile aree isolivello Lnight overall
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_OverallSources_NoiseContourMap_Lden.shp	Shapefile curve isolivello Lden overall
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_OverallSources_NoiseContourMap_Lnight.shp	Shapefile curve isolivello Lnight overall
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Roads_NoiseAreaMap_Lden.shp	Shapefile aree isolivello Lden strade
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Roads_NoiseAreaMap_Lnight.shp	Shapefile aree isolivello Lnight strade
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Roads_NoiseContourMap_Lden.shp	Shapefile curve isolivello Lden strade
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Roads_NoiseContourMap_Lnight.shp	Shapefile curve isolivello Lnight strade
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Rails_NoiseAreaMap_Lden.shp	Shapefile aree isolivello Lden ferrovie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Rails_NoiseAreaMap_Lnight.shp	Shapefile aree isolivello Lnight ferrovie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Rails_NoiseContourMap_Lden.shp	Shapefile curve isolivello Lden ferrovie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Rails_NoiseContourMap_Lnight.shp	Shapefile curve isolivello Lnight ferrovie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Air_NoiseAreaMap_Lden.shp	Shapefile aree isolivello Lden aeroporto
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Air_NoiseAreaMap_Lnight.shp	Shapefile aree isolivello Lnight aeroporto
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Air_NoiseContourMap_Lden.shp	Shapefile curve isolivello Lden aeroporto
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Air_NoiseContourMap_Lnight.shp	Shapefile curve isolivello Lnight aeroporto
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Ind_NoiseAreaMap_Lden.shp	Shapefile aree isolivello Lden industrie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Ind_NoiseAreaMap_Lnight.shp	Shapefile aree isolivello Lnight industrie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Ind_NoiseContourMap_Lden.shp	Shapefile curve isolivello Lden industrie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Ind_NoiseContourMap_Lnight.shp	Shapefile curve isolivello Lnight industrie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_OverallSources_NoiseAreaMap_Lden.xls	Metadato aree isolivello Lden overall
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_OverallSources_NoiseAreaMap_Lnight.xls	Metadato aree isolivello Lnight overall

<b>DATI IN FORMATO EDITABILE</b>		
<b>Categoria</b>	<b>Nome file</b>	<b>Descrizione</b>
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_OverallSources_NoiseContourMap_Lden.xls	Metadato curve isolivello Lden overall
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_OverallSources_NoiseContourMap_Lnight.xls	Metadato curve isolivello Lnight overall
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Roads_NoiseAreaMap_Lden.xls	Metadato aree isolivello Lden strade
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Roads_NoiseAreaMap_Lnight.xls	Metadato aree isolivello Lnight strade
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Roads_NoiseContourMap_Lden.xls	Metadato curve isolivello Lden strade
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Roads_NoiseContourMap_Lnight.xls	Metadato curve isolivello Lnight strade
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Rails_NoiseAreaMap_Lden.xls	Metadato aree isolivello Lden ferrovie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Rails_NoiseAreaMap_Lnight.xls	Metadato aree isolivello Lnight ferrovie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Rails_NoiseContourMap_Lden.xls	Metadato curve isolivello Lden ferrovie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Rails_NoiseContourMap_Lnight.xls	Metadato curve isolivello Lnight ferrovie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Air_NoiseAreaMap_Lden.xls	Metadato aree isolivello Lden aeroporto
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Air_NoiseAreaMap_Lnight.xls	Metadato aree isolivello Lnight aeroporto
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Air_NoiseContourMap_Lden.xls	Metadato curve isolivello Lden aerop.
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Air_NoiseContourMap_Lnight.xls	Metadato curve isolivello Lnight aerop.
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Ind_NoiseAreaMap_Lden.xls	Metadato aree isolivello Lden industrie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Ind_NoiseAreaMap_Lnight.xls	Metadato aree isolivello Lnight industrie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Ind_NoiseContourMap_Lden.xls	Metadato curve isoliv. Lden industrie
SHAPEFILE METADATA – DF4_8	IT_a_DF4_8_2017_Agg_IT_a_ag00018_Ind_NoiseContourMap_Lnight.xls	Metadato curve isoliv. Lnight industrie

## 7 CONCLUSIONI

Il presente lavoro è finalizzato all'aggiornamento quinquennale della Mappa Acustica Strategica dell'agglomerato di Foggia 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 – Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/05)* [15], 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* [16], entrambe elaborate dal MATTM in data 10 marzo 2017, che assicurano la conformità della mappa acustica strategica ai requisiti minimi di cui all'allegato 4 del D.Lgs. 194/05.

L'agglomerato di Foggia ha estensione coincidente con i limiti amministrativi del Comune di Foggia, pari a circa 510 km<sup>2</sup>, e interessa una popolazione di 151.991 abitanti (dati ISTAT al 31/12/2016).

Le sorgenti di rumore considerate per la redazione della mappa strategica, rimodellizzate sulla base dei dati aggiornati al 2016, sono tutte le infrastrutture stradali comunali e provinciali (mappate da ARPA Puglia), le infrastrutture stradali principali (integrando i dati trasmessi da ANAS), le infrastrutture ferroviarie principali (integrando i dati trasmessi da RFI), le infrastrutture ferroviarie locali (mappate da ARPA Puglia), i siti di attività industriale (assoggettati ad A.I.A) e l' Aeroporto.

La metodologia di studio ha sostanzialmente ricalcato quella già utilizzata per l'elaborazione della mappa acustica strategica dell'agglomerato di Foggia con scadenza giugno 2012, con l'introduzione di alcune novità tra cui l'utilizzo della mappa uso suolo, che ha consentito di calcolare nel modello di simulazione i livelli di rumore considerando i coefficienti di assorbimento acustico delle varie tipologie di territorio, ed il calcolo di edifici esposti ai diversi intervalli di rumorosità  $L_{den}$  e  $L_{night}$  distinti per tipologia (fornito in ottemperanza alle Linee Guida del MATTM relative alla stesura delle relazioni per le MAS [16]). Tali migliorie hanno consentito di aumentare la precisione del calcolo degli esposti e di fornire nuove indicazioni in vista dell'aggiornamento del Piano di Azione la cui scadenza è prevista nel luglio 2018.

Per quanto riguarda i risultati ottenuti, già esposti al paragrafo 5, è possibile fare un'analisi sulla rumorosità dell'agglomerato sia in termini assoluti sia in relazione a quanto emerso nell'ambito della precedente Mappa Strategica.

In prima battuta è possibile osservare che, come per la precedente Mappa Strategica, la principale sorgente di rumore in termini di popolazione esposta si conferma essere quella relativa al traffico stradale prodotto dalle infrastrutture della zona urbana.

Soffermandoci sull'esposizione globale (overall 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  $L_{night}$ ), il rumore stradale incide infatti per il 98 % in termini di  $L_{den}$  e per il 94,5 % in termini di  $L_{night}$ . Nella precedente mappatura l'incidenza era rispettivamente del 99,5% e del 98,5%.

Per le infrastrutture ferroviarie solo RFI determina un impatto, seppur minimo, nel complesso dell'esposizione globale, con un aumento di incidenza rispetto alla precedente mappatura, in particolar modo nel periodo notturno (2% nelle fasce di potenziale rischio).

La rete ferroviaria locale continua ad avere un impatto pressoché irrilevante a causa dell'esiguo numero di convogli che transitano nell'agglomerato.

Per quanto riguarda le sorgenti industriali e aeroportuali, il numero di esposti si conferma essere molto limitato in termini assoluti e concentrato sugli intervalli più bassi sia per  $L_{den}$  che per  $L_{night}$ . Ciò è dovuto sostanzialmente alla dislocazione delle sorgenti industriali rispetto ai ricettori e all'esiguo numero di movimenti aeroportuali.

Nel complesso, guardando all'impatto di tutte le sorgenti (overall sources) si evidenzia ancora una discreta percentuale di popolazione esposta a livelli sonori superiori alle soglie di potenziale rischio definite a livello internazionale, seppur registrando un calo del 2% rispetto alla precedente MAS sia per  $L_{den}$  che per  $L_{night}$  (Figura 7.1).

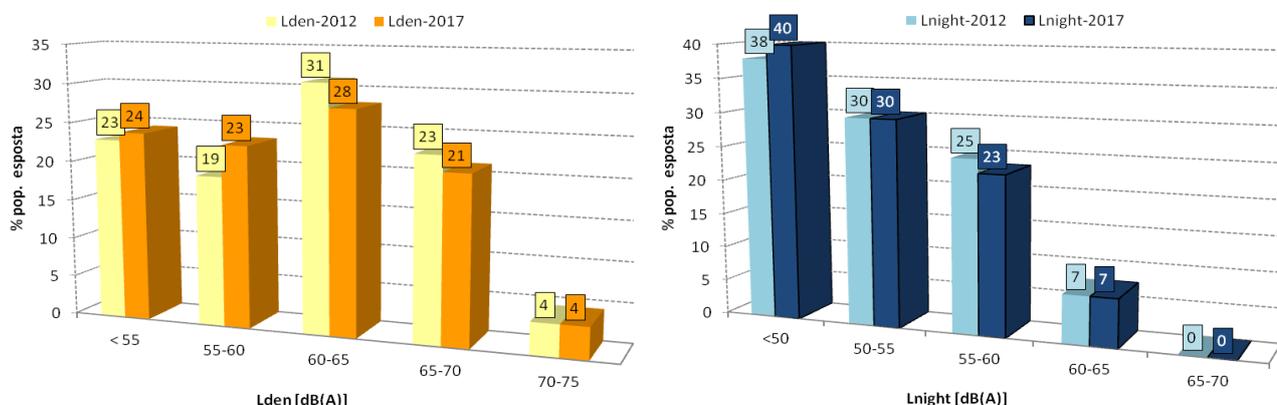


Figura 7.1 –MAS 2012 e MAS 2017: confronto tra le percentuali di popolazione esposta ai livelli di  $L_{den}$  e  $L_{night}$  per tutte le sorgenti (overall sources)

In merito ai livelli più elevati, viene confermata l'assenza di esposti a livelli superiori a 75 dB(A) per  $L_{den}$  e 70 dB(A) per  $L_{night}$ ; la percentuale di esposti nella fascia  $L_{den}$  70-74 dB(A) rimane stabile al 4% e nella fascia  $L_{night}$  65-69 dB(A) si passa dallo 0,2 % della precedente MAS allo 0,1% dell'attuale.

Alla luce di tali risultati è possibile quindi registrare, al netto delle diverse fonti di incertezza legate alla metodologia di misura e di modellizzazione, un lieve miglioramento complessivo del clima acustico dell'agglomerato, con lo spostamento degli esposti dagli intervalli più elevati a quelli più bassi per entrambi gli indicatori  $L_{den}$  e  $L_{night}$ .

Tuttavia è doveroso evidenziare il perdurare di alcune criticità che non permettono allo stato attuale una correlazione diretta tra il miglioramento registrato e una causa oggettivamente osservabile.

A tal proposito si rammenta 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, 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 (avvenuto nel caso del Comune di Foggia solo a Gennaio del 2017).

Si ricorda inoltre che tra l'elaborazione dell'ultimo Piano di Azione di Foggia e la redazione della presente Mappa Acustica Strategica è trascorso un periodo relativamente limitato (circa 2 anni) e non il quadriennio previsto dalla norma, circostanza che non consente di effettuare correlazioni dirette tra i contenuti dei due elaborati.

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).

## 8 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] 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).
- [3] Decreto Ministeriale 16 marzo 1998, Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico (G.U.R.I. n. 76 del 1/4/1998).
- [4] 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).
- [5] Raccomandazione della Commissione Europea del 6 agosto 2003, Concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità, G.U.C.E. L 212/49-64 del 22 agosto 2003.
- [6] 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
- [7] 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.
- [8] Norma ISO 9613-2:1996 – “Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of calculation”.
- [9] Norma UNI 9884:1997 – “Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale”.
- [10] Rapporto tecnico UNI/TR 11326 – “Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica - Parte 1: Concetti generali”, maggio 2009.
- [11] CadnaA user's manual - Version 3.7, DataKustik GmbH, Greifenberg, Germany 2007
- [12] Mappa Acustica Strategica dell'agglomerato di Foggia- ARPA Puglia- Rif. Normativo Giugno 2012
- [13] G.Licitra, W. Probst - Noise Mapping in the EU, Models and Procedures, CRC Press, 2013

- [14] 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 4-4-2017)
- [15] Specifiche tecniche – Predisposizione e consegna della documentazione digitale relativa alle mappature acustiche e mappe acustiche strategiche (D.Lgs. 194/05), MATTM, 10 marzo 2017
- [16] 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, MATTM, 10 marzo 2017
- [17] ENAC – “Dati di traffico 2016”