

Mappa acustica del rumore da traffico stradale nel Comune di Modena

Studio preliminare per la creazione della mappa strategica di un agglomerato urbano

Notari Barbara, Sterni Antonella, Guerra Luisa, Alessi Davide

Arpa EMR, Sez. Prov. Di Modena, Via Fontanelli 23, 41121 Modena (www.arpa.emr.it/modena)

In base a quanto richiesto dal D.Lgs. n. 194 del 19/08/2005, quale recepimento ed attuazione della Direttiva Europea 2002/49/CE, il Comune di Modena, identificato come agglomerato, ha l'obbligo di provvedere alla mappatura acustica del proprio territorio relativamente a traffico stradale, traffico ferroviario e sorgenti industriali. Il presente lavoro si riferisce allo studio preliminare relativamente alla mappatura del rumore da traffico per il comune di Modena.

Sono state approfondite e risolte alcune problematiche inerenti ai dati di input, ed in particolare al reperimento dei flussi di traffico (diurno/serale/notturno, leggero e pesante, su strade urbane, extraurbane, tangenziali ed autostrada) e dei dati relativamente agli autobus cittadini, all'influenza della velocità dei mezzi e alla presenza di asfalto fonoassorbente.

È stata effettuata una validazione del modello, sia per quanto riguarda l'emissione sonora dei veicoli, che relativamente alla simulazione della propagazione, influenzata da fenomeni di riflessione, presenza di edifici e barriere, assorbimento del suolo, fattori meteorologici: ciò è stato ottenuto attraverso misure acustiche a bordo strada e presso abitazioni, al fine di ottenere l'incertezza complessivamente legata alla simulazione.

I risultati sono stati di tipo grafico, e nello specifico mappe relative a L_{DEN} , L_{Notte} , nonché L_{Sera} e $L_{Giorno(14\text{ ore})}$. Sono state, inoltre, ottenute il numero e le percentuali di persone residenti esposte a determinati intervalli di livello acustico generato dalle sorgenti stradali, avvalendosi di dati di popolazione residente associata ai civici degli edifici abitativi, forniti dal comune.

PREMESSA

La normativa vigente (D.Lgs. n. 194/2005) prevede l'utilizzo di modelli di calcolo, al fine di simulare i livelli acustici generati dalle varie sorgenti di rumore, in accordo con quanto raccomandato dalla direttiva europea 2002/49/CE e con la raccomandazione 2003/613/CE della Commissione delle Comunità Europee. Per quanto riguarda il rumore da traffico veicolare lo standard raccomandato è denominato XPS 31-133 e si tratta del metodo di calcolo ufficiale francese. Ai fini del presente studio è stato utilizzato il software di calcolo IMMI, versione 6.3, della Wölfel, che è implementato con tale standard.

VALIDAZIONE DEL MODELLO RELATIVAMENTE ALL'EMISSIONE SONORA DEI VEICOLI

Al fine di verificare quanto il modello XPS 31-133 si adatta a riprodurre correttamente le emissioni sonore dei veicoli transitanti nell'area in esame, è stata eseguita un'indagine con misure a bordo strada, confrontando i livelli di rumore rilevati su breve periodo con i valori stimati di livello continuo equivalente (Leq) restituiti dal modello nelle condizioni di traffico delle misure.

Le misure sono state eseguite da ARPA al bordo di 10 arterie stradali del Comune di Modena, caratterizzate da diverse condizioni di traffico (sia in termini di numero di veicoli che di percentuale di mezzi pesanti) e da differenti tipologie di asfalti (normale e fonoassorbente). Per aumentare la base dati disponibile, sono state anche utilizzate misure di analoga tipologia, svolte dal Comune di Modena.

Dal confronto tra livelli acustici simulati e misurati a bordo strada è emerso che:

- il modello restituisce risultati che sovrastimano il reale Leq di circa 1 ± 1.5 dB;
- il modello riesce a simulare correttamente l'abbattimento dovuto alla presenza di un asfalto fonoassorbente rispetto ad un asfalto classico (circa 3 dBA);
- la velocità media reale dei veicoli è risultata una variabile influente, che può portare a variazioni significative del livello stimato: per i veicoli leggeri, per velocità oltre i 40 km/h, il livello continuo equivalente a bordo strada aumenta di 1.5 dBA ogni 10 km/h; per i pesanti, invece, a basse velocità (fino a 50 km/h) il livello diminuisce con la velocità (-1.3 dBA ogni 10 km/h), poi, oltre i 70 km/h, aumenta di 1 dBA ogni 10 Km/h.

I DATI DI INPUT

VOLUMI DI TRAFFICO NEI TRE PERIODI DI RIFERIMENTO NORMATIVI

Seguendo le indicazioni del decreto legislativo n°194 del 2005, i descrittori acustici risultanti dalla simulazione, devono rappresentare il livello di rumore continuo equivalente a lungo termine. Di conseguenza, i flussi da immettere nella simulazione (flussi medi orari) devono essere rappresentativi, nei 3 periodi di interesse (giorno, sera, notte), di un anno solare; questo comporta una "mediazione" della situazione reale, in quanto i flussi veicolari possono variare anche sensibilmente nell'arco di un anno e dipendono da fattori quali giorno della settimana, apertura o

meno di scuole/uffici, attività straordinarie come mercati, blocchi del traffico, ecc. Il dato utilizzato nella simulazione è stato quindi ottenuto da diverse elaborazioni finalizzate a valutare un flusso medio annuale, comprensivo anche del sabato e della domenica, giorni in cui i flussi di traffico variano sensibilmente rispetto alle altre giornate.

Il dato iniziale, relativo al numero di veicoli leggeri e pesanti dell'ora di punta mattutina (dalle 8 alle 9) dell'anno 2010, è stato fornito dal Comune di Modena, ottenuto dal modello di simulazione del traffico VISUM, che si basa sugli spostamenti dichiarati da un campione di cittadini.

Tale modello presenta alcuni limiti:

- i flussi si riferiscono soltanto alle strade principali del territorio comunale: mancando i percorsi a minor traffico, i flussi sugli archi stradali (visualizzati in fig. 1) potrebbero essere affetti da una sovrastima in quanto, a parità di movimenti, si hanno meno percorsi utilizzabili;
- assenza dei flussi relativi all'autostrada e al trasporto pubblico, che sono stati stimati con un procedimento apposito;
- assenza dei flussi relativi al centro storico di Modena, in quanto VISUM ha difficoltà a simulare gli spostamenti nelle zone a traffico limitato.

Figura 1 - Archi stradali dotati di flussi



Elaborando misure di traffico in continuo, svolte su periodi di diversi giorni, ed in particolare 9 misure extraurbane eseguite dalla provincia di Modena e 18 misure urbane eseguite dal comune di Modena, sono stati ricavati coefficienti di proporzionalità tra i flussi dell'ora di punta e quelli medi relativi ai periodi giorno (dalle 6 alle 20), sera (dalle 20 alle 22) e notte (dalle 22 alle 6), secondo le diverse tipologie di strade (urbane, extraurbane, tangenziale), così come riportati in tab. 1.

Tabella 1– Coefficienti per calcolare il dato orario medio a partire dall'ora di punta

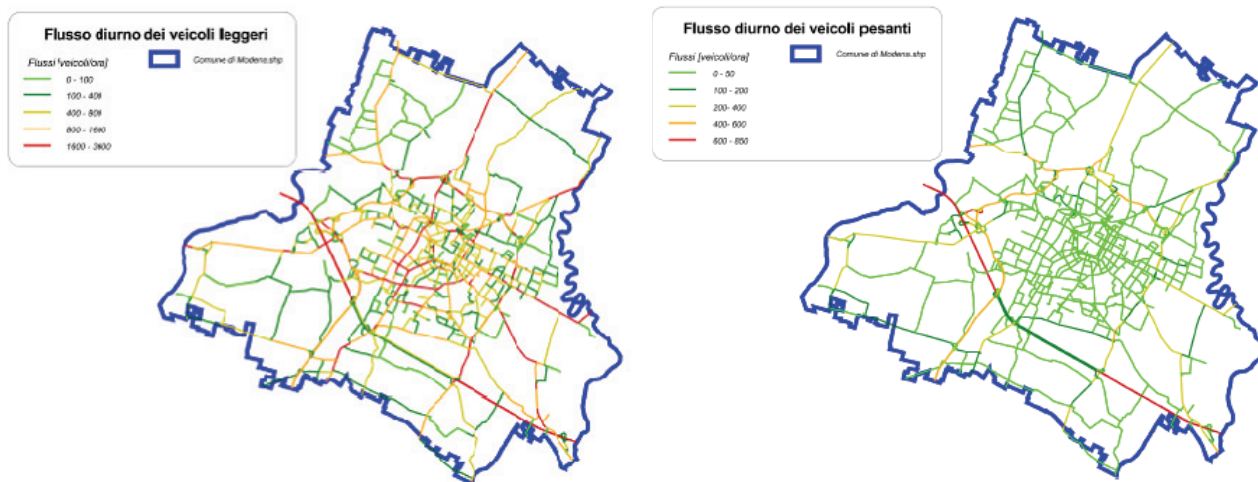
Tipologia di strada	Mezzi leggeri			Mezzi pesanti		
	6-20	20-22	22-6	6-20	20-22	22-6
Urbano	0.92	0.71	0.26	0	0	0
Extraurbano	0.78	0.87	0.21	0.90	0.34	0.10
Tangenziale	0.80	0.52	0.18	0.88	0.22	0.20
S.S. Modena-Sassuolo e complanare	0.61	0.48	0.12	1.03	0.25	0.12

L'attribuzione dei coefficienti agli archi stradali, è stata eseguita basandosi sulla classificazione stradale (secondo il Codice della strada) definita dal Comune di Modena. In particolare:

- Strade di tipo D, E, F urbane: coefficienti urbani;
- Strade di tipo C, F extraurbane: coefficienti extraurbani;
- Strade di tipo B: tra queste è stata distinta la tangenziale di Modena, la Modena-Sassuolo e la complanare andando ad attribuire ad ognuna il rispettivo coefficiente.

A titolo esemplificativo si riportano in fig. 2 gli archi stradali e relativi flussi medi orari dei veicoli leggeri e pesanti per le strade urbane, extraurbane e tangenziali di Modena nel periodo diurno.

Figura 2 – Archi stradali e flussi medi orari per i veicoli leggeri e pesanti nel periodo diurno



I flussi di traffico autostradale nei tre periodi di riferimento sono stati determinati a partire dal dato 2003 di transiti medi giornalieri tra il casello di Modena Nord e quello di Modena Sud, suddiviso in veicoli leggeri e pesanti e direzione di percorrenza, e dalla loro distribuzione oraria.

Per aggiornare questi flussi al 2011 sono state utilizzate le pubblicazioni semestrali di Aiscat, (Associazione Italiana Società Concessionarie Autostrade e Trafori). Nelle seconda pubblicazione semestrale si può trovare il riepilogo annuale dei veicoli teorici giornalieri, suddivisi in leggeri e pesanti, che hanno percorso diversi tronchi autostradali. I veicoli teorici giornalieri corrispondono al rapporto tra la somma dei chilometri medi giornalieri percorsi realmente dai veicoli e la lunghezza del tronco in esame. È stato quindi utilizzato il dato del 2003 e del 2010 (l'ultimo disponibile) per calcolare la variazione media annua dei veicoli leggeri e pesanti nel tronco autostradale Milano-Bologna: questa è risultata di +1.33% per i leggeri, -0.11% per i pesanti.

I flussi medi orari stimati per l'anno 2011 sono riportati in

Tabella 2.

Tabella 2- Flussi medi orari autostradali stimati per l'anno 2011

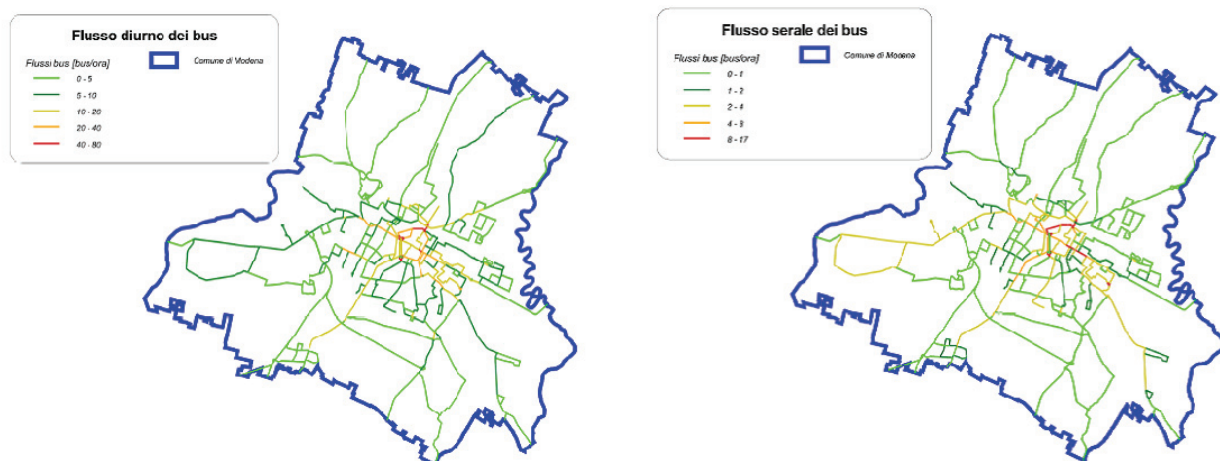
Periodo di riferimento	direzione Sud (veicoli/ora)		direzione Nord (veicoli/ora)	
	leggeri	pesanti	leggeri	pesanti
Giorno (6 - 20)	2217	693	2208	672
Sera (20 – 22)	1024	528	929	448
Notte (22 – 6)	434	347	557	414

Anche i percorsi e i flussi degli autobus sono stati determinati con apposita elaborazione.

I flussi medi orari nei tre periodi di riferimento, per gli autobus urbani ed extraurbani sono stati calcolati a partire dai dati delle corse, presenti sul sito ATCM; per quanto riguarda i percorsi urbani, essi sono stati digitalizzati a partire dalla mappa delle linee bus (sito ATCM), mentre i percorsi extraurbani sono stati forniti in formato shape file da AMO (Agenzia per la Mobilità di Modena).

Infine sono stati attribuiti, ad ogni arco, i flussi medi orari delle linee extraurbane calcolati precedentemente; negli archi in cui transitano sia bus urbani che extraurbani, sono stati riportati i due valori distinti (in modo da averli disponibili anche separatamente) ed è stata quindi eseguita la somma per avere il flusso medio orario totale di ogni arco stradale. Eseguite queste operazioni, si è ottenuta la mappa comunale dei percorsi di tutte le linee circolanti con i relativi flussi per i tre periodi di interesse (giorno, sera, notte). La fig. 3 mostra i percorsi tracciati e i relativi flussi nel periodo diurno e serale; il periodo notturno non è rappresentato in quanto non circolano autobus.

Figura 3 – Percorsi e flussi degli autobus sui periodi diurno e notturno



CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI STRADALI

La caratterizzazione delle sorgenti stradali è stata completata con i seguenti parametri, al fine di permettere una simulazione il più possibile realistica dell'emissione delle sorgenti di rumore in esame. Come larghezza della carreggiata è stata utilizzata quella individuata dal Codice della Strada, nella descrizione delle tipologie A (autostrada), B/C (extraurbane), D (tangenziali), E/F (urbane/locali).

Per quanto riguarda la velocità, non avendo informazioni sulle velocità di percorrenza medie reali, per tutti gli archi del Comune di Modena è stato scelto di utilizzare, in prima istanza, i limiti di velocità assegnati all'articolo 142, punto 1 del Codice della Strada per le diverse tipologie di strade, sia per i veicoli leggeri che per i pesanti, e cioè 130 km/h per autostrade, 110 km/h per strade extraurbane principali, 90 km/h per strade extraurbane secondarie e locali; 50 km/h per i centri abitati. In alcuni casi, sono state adattate le velocità alle situazioni reali, ad esempio è stata assegnata la velocità di 80 km/h alle tangenziali, nonostante il limite di 70.

Sono state, inoltre, attribuite agli archi stradali le informazioni relative a tipologia di asfalto (liscio o fonoassorbente); al senso di marcia (doppio o senso unico); alla tipologia di flusso (assegnato per tutti gli archi di tipo continuo al fine di considerare la situazione mediamente presente).

EDIFICI

Gli edifici sono un elemento fondamentale da considerare nella simulazione. Infatti, da una parte, riflettono (ed eventualmente assorbono) il rumore emesso dalle sorgenti, dall'altro rappresentano i ricettori dove è localizzata la popolazione residente.

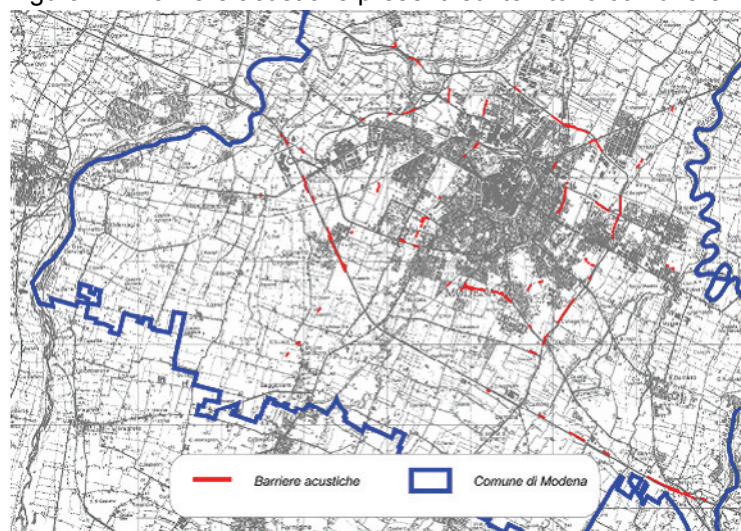
Il Comune di Modena ha fornito uno shape file, dove ad ogni edificio è associata la popolazione residente. L'altezza dell'edificio, invece, è stata calcolata a partire dal numero di piani (3 metri per piano) che erano noti solo per gli edifici abitati (informazione proveniente dalla dichiarazione dei cittadini del piano di residenza). Gli edifici non abitati sono stati sovrapposti alla carta di uso del suolo e nel caso questi ricadessero in insediamenti commerciali o produttivi si è ipotizzato fossero principalmente capannoni, assegnandoli quindi un'altezza pari a 4 metri. Per quelli di maggior rilievo, che ricadevano nelle classi di tessuto residenziale e negli insediamenti di servizi e insediamenti ospedalieri, ne è stato verificato il numero di piani utilizzando il sito Bing, nel quale è possibile vedere fotografie aeree trasversali al terreno. In questo modo è stata assegnata l'altezza a circa 50 edifici, tra i quali i due ospedali e il polo universitario scientifico.

Infine gli edifici sono stati considerati, in senso cautelativo, come ostacoli completamente riflettenti, attribuendogli un coefficiente di riflessione pari a 0.99.

BARRIERE ACUSTICHE

La collocazione e l'altezza delle barriere è stata inizialmente fornita dal comune, ma è stata oggetto di diverse correzioni e completamenti, attraverso il confronto con il piano di risanamento acustico del comune stesso e con il progetto della 4° corsia dell'autostrada A1. Ai tratti di barriera modellizzati sono state attribuite le caratteristiche acustiche di totale fonoisolamento (ovvero è stata impostata una trasmissione nulla attraverso la barriera) e un grado di assorbimento pari a 0.8, seguendo le indicazioni dei tecnici comunali che si sono occupati del piano di risanamento. La fig. 4 mostra in rosso le 108 barriere acustiche considerate nella mappatura come interventi di mitigazione.

Figura 4 – Barriere acustiche presenti sul territorio comunale

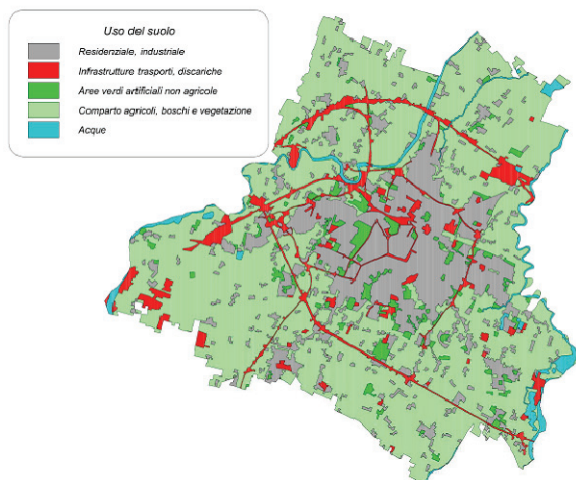


ASSORBIMENTO DEL SUOLO

Un altro importante parametro di input è il potere di assorbimento del suolo (G), che varia da 0, nel caso di suolo completamente riflettente come rivestimenti stradali e cemento, a 1, per suoli completamente assorbenti come la vegetazione. Il software IMMI permette di suddividere il dominio di calcolo in poligoni, a cui assegnare uno specifico valore di G.

Prendendo come riferimento la carta di uso del suolo del progetto europeo "Corine Land Cover" (anno 2008), il territorio comunale è stato suddiviso in cinque aree omogenee: aree residenziali e industriali; infrastrutture dei trasporti e discariche; zone umide e corsi d'acqua; aree verdi artificiali non agricole; territori agricoli, boscati e seminaturali (vedi fig. 5).

Figura 5 – Suddivisione in base all'uso del suolo



Alle prime tre tipologie di suolo è stato assegnato un valore di G pari a 0, mentre alle restanti un valore di G pari a 1, secondo quanto indicato nella norma ISO 9613-2.

DATI METEOROLOGICI

Nel metodo di calcolo XPS 31-133 l'effetto della meteorologia viene valutato come percentuale di condizioni favorevoli alla propagazione nelle diverse direzioni. Sono possibili due approcci: utilizzare i valori cautelativi proposti dal gruppo di lavoro della Commissione Europea WG-AEN ("Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data and Noise Exposure" – Version 2 – Agosto 2007), ovvero una probabilità di propagazione favorevole nelle

diverse direzioni sorgente-ricevitore pari al 100% nel periodo notturno, 75% nel periodo serale e 50% nel periodo diurno, oppure utilizzare dati meteorologici locali, quando presenti su un periodo sufficientemente lungo. Nel nostro caso avevamo a disposizione dati degli ultimi 7 anni della stazione meteo urbana (collocata sull'edificio comunale a 36 m di altezza), completi di direzione e velocità del vento e radiazione solare incidente, da cui IMMI è in grado di calcolare una matrice di probabilità favorevoli nella diverse direzioni di propagazione del suono, per i tre periodi di riferimento; questa strada è stata abbandonata perché ha evidenziato risultati poco convincenti da approfondire con i programmatori del software. Si è, quindi, proceduto alla valutazione, mediante il confronto tra stima e misura in un caso reale, se la propagazione del suono fosse meglio modellizzata dai valori suggeriti dalle linee guida della Commissione Europea o da una situazione di propagazione omogenea, indagata mettendo a zero, in tutte le direzioni, la percentuale di condizioni favorevoli. Tale valutazione ha portato a scegliere questa seconda soluzione, in quanto meglio rispondente al caso reale (si ottiene una sovrastima, da 0.3 dB per il periodo diurno, a 1.6 dB per quello notturno), mentre le condizioni meteo proposte dalla Commissione Europea, nel caso in esame, risultano invece sono troppo cautelative.

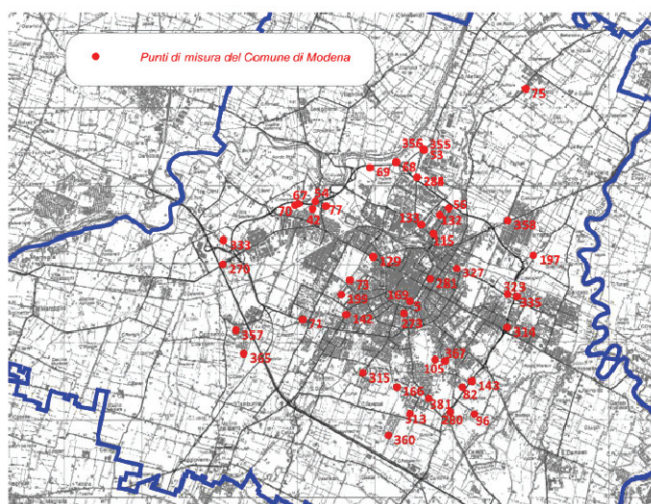
VALUTAZIONE DEL GRADO DI ACCURATEZZA COMPLESSIVA DEL MODELLO

Utilizzando 47 rilievi di 24 ore eseguiti dal Comune di Modena a diverse distanze da strade (misure conseguenti ad esposti di cittadini, valutazioni di clima acustico, ecc) è stata valutata l'accuratezza del modello impostando i parametri di input precedentemente descritti e confrontando le stime restituite dal software di calcolo con i risultati di tali misure.

Le misure considerate (vedi fig. 6) si ritengono significative ed esaustive della situazione del comune di Modena, in quanto sono state selezionate solo le misure confrontabili con il dato simulato, per uniformità della sorgente sonora ed omogeneità delle condizioni reali di contorno, (presenza o meno di barriere acustiche, di asfalti fonoassorbenti, ecc) e sono rappresentate tutte le tipologie di strade esistenti.

Si osserva che, per la maggior parte dei punti di misura, la differenza tra stima e misura è inferiore a 3 dB. Mediamente si hanno differenze tra livelli simulati e misurati inferiori a 1 dB (tab. 3). Tenendo presente che in fase di validazione dello standard XPS 31-133 relativamente alla

Figura 6 – Collocazione punti di misura di 24 h



sorgente sonora, era risultata una sovrastima dell'ordine di 1-1.5 dB, si può concludere che la propagazione dei livelli di rumore è ben simulata con i parametri di calcolo scelti.

Tabella 3 – Media e deviazione standard della differenza tra livelli misurati e simulati

Differenza	ΔL_{DEN}	ΔL_{Notte}	$\Delta L_{Giorno (16 ore)}$
Media	0.7 dB	0.5 dB	0.9 dB
Deviazione standard	2.2 dB	2.5 dB	2.0 dB

RISULTATI

Sono state eseguite due tipologie di simulazioni:

1. la stima dei livelli di rumore sulle facciate degli edifici, attribuendo ad ogni edificio il livello della facciata maggiormente esposta;
2. la stima dei livelli di rumore su una griglia di punti, con un passo di 30 metri, che comprende l'intero territorio Comunale;

La prima simulazione è servita per ottenere la percentuale di abitanti soggetti a livelli acustici compresi in determinate fasce di rumore, cioè per effettuare la valutazione dell'esposizione della popolazione nell'agglomerato di Modena.

Essa è stata poi utilizzata nell'interpolazione della griglia descritta al punto 2, al fine di infittirla ed avere un miglior dettaglio delle aree densamente abitate, da cui si è ricavata la mappa acustica del Comune di Modena, espressa in termini di indicatori acustici previsti dalla normativa.

PARAMETRI DI CALCOLO COMUNI ALLE DUE TIPOLOGIE DI SIMULAZIONI

Di seguito si riassumono le principali impostazioni generali di calcolo ed approssimazioni adottate:

- Indicatori restituiti dalle simulazioni:
 - LDEN relativo all'intera giornata, calcolato con la formula presente nell'allegato 1, comma 1 del D.Lgs. 194 del 2005¹
 - $L_{Giorno(14ore)}$: livello del diurno (6-20)
 - L_{Sera} : livello del periodo serale (20-22)
 - L_{Notte} : livello del periodo notturno (22-6)
- Area di studio coincidente con un dominio quadrato di lato 1 km; tale dominio, definisce la distanza massima a cui considerare le sorgenti acustiche che influiscono sui livelli stimati nei punti ricevitore (in tal caso 500 metri); essendo, l'impostazione di default per un calcolo rigido di 2 km, la riduzione a 1 Km ha permesso di diminuire il tempo di calcolo senza influire troppo sull'accuratezza del risultato, viste le numerose sorgenti acustiche inserite nel modello;
- Minima differenza di livello uguale a 20 dB (il valore di default per un calcolo "rigido" è 30 dB); questa impostazione permette, in un punto ricevitore qualsiasi, di trascurare una sorgente sonora il cui contributo è inferiore di 20 dB rispetto al valore globale calcolato preliminarmente in quel punto. Questa scelta, che riduce ulteriormente i tempi di calcolo, è supportata da quanto suggerito dallo stesso manuale di IMMI che individua tale valore come il più appropriato nella maggior parte dei casi;
- Ordine di riflessione uguale ad 1;
- Gamma di interesse per superfici riflettente uguale a 10 metri: rappresenta la distanza entro la quale si risente dell'effetto della riflessione;
- Meteorologia: temperatura pari a 15°C, umidità relativa pari a 70% e condizioni omogenee di propagazione (nessuna condizione favorevole alla propagazione in tutte le direzioni).

LA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE NEL COMUNE DI MODENA

Secondo quanto indicato dalla normativa, è stato valutato il livello di rumore sulla facciata più esposta dell'edificio abitato. Per limitare i tempi di calcolo, sono state eseguite due tipologie di simulazioni: una prima estremamente semplificata finalizzata a valutare, per ogni edificio, il punto di facciata più esposto, ed una seconda accurata (calcolo "rigido"), secondo i parametri di calcolo sopra specificati, che ha fornito la stima del livello acustico nel punto precedentemente identificato.

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

I livelli di rumore associati agli edifici residenziali sono stati ottenuti costruendo delle corone di ricevitori intorno ai 17147 edifici con almeno un residente; i punti ricevitore sono stati collocati a 0.1 metri dalla facciata, ad una altezza dal suolo di 4 metri, ad una distanza minima e massima uno dell'altra rispettivamente di 3 e 5 metri. La creazione di tali punti, eseguita in automatico dal software, ha generato 291016 punti ricevitore; la fig. 7 mostra il risultato su di una porzione del dominio di calcolo.

Figura 7 – Corona di punti ricevitori per gli edifici abitati



Costruita la corona di punti ricevitore, con la procedura di calcolo semplificata, è stata ottenuta la stima del livello acustico per ogni punto e con successiva elaborazione il ricevitore più esposto per ogni edificio. Tale procedura è stato stimato possa portare ad una sottostima del livello di facciata, mediamente pari a 0.2 dB, valore che si è ritenuto accettabile se si considerano le inevitabili approssimazioni commesse nella modellizzazione di un'area vasta quale il Comune di Modena.

Una volta individuato, per ogni edificio abitato, il punto ricevitore più esposto, è stato calcolato in modo accurato per i 17147 punti, il corrispondente livello di

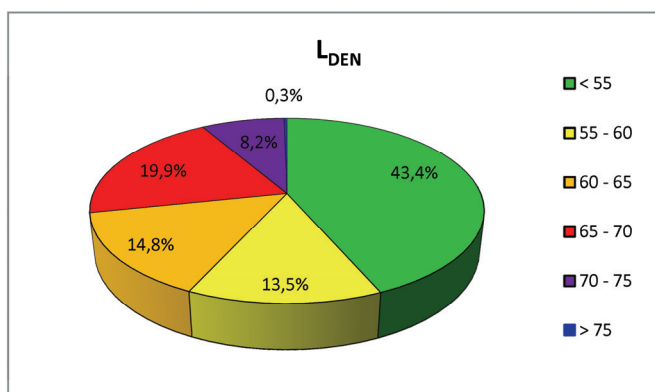
facciata, espresso in L_{DEN} e L_{Notte} .

È stata quindi effettuata una valutazione rispetto al numero ed alla percentuale di popolazione residente esposta a fasce di livelli acustici generati dal rumore da traffico stradale, come studio preliminare alla redazione della mappa acustica strategica (vedi fig. 8). Tale valutazione è stata eseguita secondo quanto indicato nell'Allegato 6 del decreto legislativo n° 194 del 2005, comma 1.5 per l'indicatore L_{DEN} , comma 1.6 per l'indicatore L_{Notte} .

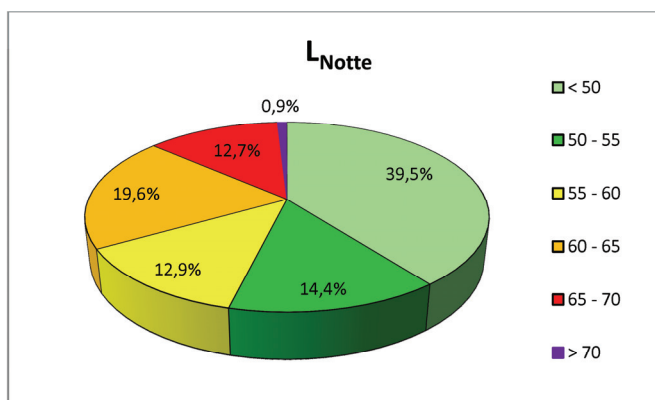
Il grafico relativo all'indicatore acustico L_{DEN} evidenzia che quasi la metà dei residenti del Comune di Modena (il 43.3%) è soggetto a livelli di rumore inferiori a 55 dB; nel periodo notturno questa percentuale aumenta al 55%.

Figura 8 – Abitanti esposti alle fasce di rumore previste dalla normativa, per gli indicatori europei L_{DEN} e L_{Notte}

L_{DEN}		
	N° abitanti	Percentuale
< 55	80400	43,4%
55 - 60	24900	13,5%
60 - 65	27400	14,8%
65 - 70	36800	19,9%
70 - 75	15100	8,2%
> 75	500	0,3%



L_{Notte}		
	N° abitanti	Percentuale
< 50	73100	39,5%
50 - 55	26600	14,4%
55 - 60	23900	12,9%
60 - 65	36300	19,6%
65 - 70	23500	12,7%
> 70	1700	0,9%



MAPPE ACUSTICHE DEL COMUNE DI MODENA

La redazione delle mappe acustiche relative al rumore prodotto dal traffico veicolare nel Comune di Modena (vedi fig. 9) è stata calcolata mediante interpolazione di una griglia di punti ricevitore (con passo di griglia di 30 metri e altezza dal suolo di 4 metri) su cui è stato eseguito il calcolo accurato (calcolo “rigido”), integrata con i livelli dei punti ricevitori degli edifici abitati, relativi alla facciata più esposta. L’interpolazione è stata eseguita con il metodo IDW (Inverse Distance Weighted).

Figura 9 – Mappe acustiche relative a L_{DEN} (in alto a sinistra), L_{Sera} (in alto a destra), L_{Notte} (in basso a sinistra) e $L_{Giorno(14ore)}$ (in basso a destra)



CONCLUSIONI

Il presente studio ha permesso di affrontare diverse problematiche inerenti la mappatura acustica e la valutazione della popolazione esposta relativamente al rumore stradale di un agglomerato, quale è quello di Modena. Alcune soluzioni ed approssimazioni adottate sono ritenute valide, altri aspetti dovrebbero invece essere migliorati. In particolare ci si riferisce ai dati di input relativi al traffico, come ad esempio l’inserimento del traffico circolante sulle strade interne e del centro storico non modellizzate, ridistribuendo il traffico assegnato alle strade principali; la diminuzione del numero di veicoli pesanti notturni all’interno del centro urbano; la diminuzione della velocità da 50 a 40 km/h all’interno del centro urbano. Andrebbero inoltre considerate le condizioni meteorologiche locali, o almeno fatto un confronto con la simulazione ottenuta nel presente studio. Sarebbe infine opportuno reperire l’informazione della popolazione georeferenziata secondo il numero civico, piuttosto che assegnata ad un intero edificio. Secondo la Linea guida regionale in fase di definizione, andrebbe inoltre esclusa la riflessione sulle pareti degli edifici, considerando i punti di simulazione a 2 m di distanza dalle pareti stesse.