

## LE ROTATORIE STRADALI CONTRO IL RUMORE

*Salvatore Leonardi (\*)*

(\*) Ricercatore Universitario e docente di Infrastrutture Viarie Urbane e Metropolitane - Università degli Studi di Catania

Il ruolo delle intersezioni a circolazione rotatoria come strumenti per la moderazione della velocità è ormai confermato da numerose esperienze condotte sia a livello nazionale che internazionale. A tal proposito, in un recente studio (*Rotatorie stradali come dispositivi di traffic calming. Le Strade. n° 10 - Ottobre 2003*), si è avuto modo di rilevare una riduzione media della velocità del 55-60% nelle fasi di avvicinamento alle rotatorie, ed una diminuzione molto più contenuta, pari circa al 20-30%, nelle situazioni in cui gli utenti si approssimano alle intersezioni a raso tradizionali.

Le rotatorie, inoltre, favorendo la fluidificazione di tutte le manovre, riducono al minimo i fenomeni di “fermata e ripartita” (stop and go) che invece contraddistinguono le altre soluzioni progettuali (incroci semaforizzati o regolati dai segnali di stop o dare precedenza).

Le osservazioni appena svolte rendono conto di come, affrontando le rotatorie, gli utenti siano indotti a svolgere un ciclo di guida praticamente privo di brusche accelerazioni (dal momento che non si hanno partenze “da fermi”) e di repentine decelerazioni (non essendo, in genere, necessario dover arrestare completamente il veicolo); se si tiene poi conto anche delle moderate velocità d’approccio, risulta evidente come il motore dei veicoli e tutti gli organi meccanici ad esso connesso, siano minimamente sollecitati rispetto alle condizioni di marcia associate alle intersezioni a raso canoniche (a tre o a più rami).

Queste considerazioni sul regime dei motori durante un ciclo di guida introducono direttamente le questioni relative alla produzione di rumore. È infatti noto che, all’origine del rumore veicolare, si pongono due principali categorie di sorgenti:

- quelle connesse al numero di giri del motore;
- quelle associate alla velocità del veicolo su strada.

Nella prima categoria, che è indipendente dalla seconda, rientrano il motore, l’impianto di aspirazione e scarico, la ventola di raffreddamento, gli alberi di trasmissione, il cambio, le

pompe idrauliche e i generatori elettrici. Della seconda categoria, invece, fanno parte il rumore provocato dall'interazione pneumatici-strada e il rumore aerodinamico.

Il rumore del motore è principalmente dovuto all'aspirazione dell'aria, alla combustione nella camera di scoppio, alle emissioni dei gas combusti, agli accoppiamenti meccanici (punterie, ingranaggi, trasmissioni a catena, ecc.), alle vibrazioni (causate dai carichi variabili determinati dalla pressione dei gas, dalle forze d'inerzia, dall'azione delle masse rotanti e di quelle in moto relativo) ed alle vibrazioni indotte nella carrozzeria.

Il rumore da rotolamento dipende, sostanzialmente, dalla velocità del veicolo, nonché dalle caratteristiche e dalle condizioni del manto stradale (rugosità, tipo di inerti e granulometrie utilizzate, grado di ammaloramento, proprietà di assorbimento acustico); le caratteristiche del pneumatico (dimensione, carico, pressione di gonfiaggio, disegno del battistrada, grado di usura), il peso del veicolo e la sua accelerazione, hanno, invece, una minore influenza. Tale rumore è prodotto da tre fenomeni principali: l'impatto del battistrada sulla superficie ("rumore di impatto"), la vibrazione dell'aria compressa fra i tasselli del battistrada per effetto della deformazione elastica del pneumatico ("pompaggio dell'aria") e il cosiddetto "slip and stick" (aggrappamento del pneumatico sugli inerti dello strato superficiale della pavimentazione stradale).

Il rumore aerodinamico, infine, è dovuto all'impatto della vettura contro l'aria ed è funzione, oltre che della velocità, del profilo della carrozzeria.

In generale, a basse velocità (intorno a 50-60 km/h), il motore e il sistema di aspirazione e scarico costituiscono le sorgenti di rumore predominanti, mentre a velocità maggiori aumenta sensibilmente l'apporto del rumore di rotolamento dei pneumatici. Per velocità superiori a 100 km/h diviene significativo anche il contributo del rumore aerodinamico.

Negli ambiti urbani, caratterizzati da velocità operative intorno ai 40 km/h ed in quelli suburbani e periurbani, attraversati da correnti veicolari a velocità comprese generalmente tra i 60 ed i 70 km/h, l'inquinamento acustico prodotto dal traffico stradale è, pertanto, imputabile principalmente al rumore prodotto dalle sorgenti direttamente correlate al motore.

In questo contesto, si possono inquadrare i vantaggi, in termini di minore inquinamento acustico, associati al comportamento di guida indotto dalle rotatorie. A tal proposito, esistono degli studi, sviluppati a livello internazionale, che dimostrano come la presenza di rotatorie comporti una riduzione di rumore, in termini di livello sonoro equivalente, compresa tra 1 e 4 dB (in ogni ora della giornata e fino a 60 m dall'incrocio).

Obiettivo del presente studio è, dunque, quello di quantificare l'abbattimento in termini di "decibel" prodotti, provocato dalla messa in esercizio di rotatorie, in sostituzione di intersezioni a raso tradizionali. A tal fine è stata organizzata una campagna di rilievi acustici su un tratto stradale caratterizzato dalla presenza contemporanea di incroci a raso e di intersezioni a circolazione rotatoria.

Il confronto tra i livelli sonori prodotti in corrispondenza di entrambe le soluzioni progettuali, metterà palesemente in evidenza gli effetti di mitigazione del rumore indotti dalle rotatorie stradali.

Il campo di indagine, descritto in appresso, è lo stesso di quello analizzato nello studio già citato all'inizio del presente articolo (*Rotatorie stradali come dispositivi di traffic calming. Le Strade. n° 10 - Ottobre 2003*). Si rimanda a tale studio per qualunque approfondimento in merito ai profili di velocità associati alle intersezioni prese in esame.

## **UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELLE INTERSEZIONI OGGETTO DI STUDIO**

L'indagine è stata svolta su una serie di intersezioni ubicate nel territorio del Comune di Aci S. Antonio (CT), caratterizzato dalla presenza di una circonvallazione ad anello che delimita il centro urbano della cittadina e si raccorda alla rete stradale provinciale attraverso nodi stradali realizzati con due diverse modalità: incroci a raso tradizionali ed intersezioni a circolazione rotatoria.

A tal proposito, si può notare come nel corso degli ultimi anni le Amministrazioni comunali abbiano adottato la politica di riconversione delle intersezioni presenti sulla circonvallazione in rotatorie, allo scopo di fluidificare il traffico veicolare in entrata e in uscita dal centro urbano e quello in transito verso le altre destinazioni.

Allo stato attuale tale riconversione è solo parziale; ciò comporta la presenza di un'alternanza di rotatorie e di intersezioni a raso tradizionali che ben si presta ad una valutazione delle prestazioni di queste due soluzioni progettuali dal punto di vista della produzione di rumore.

La circonvallazione ha una tipologia di sezione stradale assimilabile alla categoria C (extraurbane secondarie), mentre le strade che si innestano su questa sono assimilabili in parte alla categoria E (urbane di quartiere), in parte alla categoria F (locali extraurbane). La tabella 1 sintetizza le caratteristiche principali delle strade prese in esame.

La superficie stradale è in condizioni medio/buone e comunque si mantiene omogenea per tutto lo sviluppo planimetrico.

La circonvallazione è servita da un impianto di illuminazione longitudinale a quinconce ed è completa di guard-rail a protezione dei tratti maggiormente pericolosi.

<b>Classificazione stradale in base al D.M. 5/11/2001. "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". G. U. n° 3, 04/02/2002</b>			
	<b>C (extraurbane secondarie)</b>	<b>E (urbane di quartiere)</b>	<b>F (locali extraurbane)</b>
<b>Velocità di progetto</b>	80÷100 km/h	40÷60 km/h	40÷100 km/h
<b>Tipologia di sezione</b>	Carreggiata unica, costituita da due corsie di 3,50 m per senso di marcia	Carreggiata unica, costituita da due corsie di 3,00 m per senso di marcia	Carreggiata unica, costituita da due corsie di 3,50 m per senso di marcia
<b>Larghezza delle banchine</b>	1,50 m	0,50 m	1,00 m

Tabella 1. Caratteristiche delle strade oggetto di studio



Figura 1. Ubicazione delle intersezioni oggetto di studio (Circonvallazione di Aci S. Antonio)

Il contesto analizzato è prevalentemente suburbano e, pertanto, si riscontra una presenza significativa di edifici privati e di strutture commerciali; ciò comporta l'esistenza di numerosi accessi diretti a ridosso della strada, specialmente in prossimità delle intersezioni.

Dal punto di vista acustico non si sono rilevate particolari fonti di rumore localizzato nella zona, se non quelle dovute ad alcuni fenomeni occasionali.

Per l'analisi sperimentale, si sono scelte 4 intersezioni (2 a raso e 2 rotatorie) situate, in sequenza, nella zona sud-est della circoscrizione ed attraversate da un traffico abbastanza sostenuto. Come si evince dalla figura 1, si tratta di una successione di nodi stradali composta da rotatorie ubicate ai due estremi e da due intersezioni "canoniche", a quattro bracci, poste all'interno.

Le principali caratteristiche di tutte le intersezioni oggetto di studio sono di seguito sintetizzate.

### **Rotatoria 1**

Questa rotatoria (Fig. 2) connette due importanti strade del Comune di Aci S. Antonio, quali la via Aldo Moro (circonvallazione) e la via Marchese di Casalotto, che collega il centro storico del Comune con le frazioni a sud, in direzione Catania. È perciò interessata da flussi veicolari significativi, influenzati peraltro dalla presenza di un'area di rifornimento carburante posta a ridosso della rotatoria stessa.



Figura 2. Rotatoria 1 (circonvallazione di Aci S. Antonio)

L'area dell'intersezione è contornata inoltre da alcuni servizi commerciali e da abitazioni private.

La rotatoria, di forma circolare, ha un'isola centrale rialzata con un raggio pari a 18 metri, ed una corona giratoria con carreggiata a singola corsia di larghezza pari a 3,75 metri. Sono presenti, in ogni ramo, isole di separazione rialzate, provviste di opportuna segnaletica (orizzontale e verticale).

### **Intersezione a raso 1**

L'intersezione (Fig. 3) si trova vicino ad un'area residenziale delimitata a nord dalla circonvallazione. Questa zona è servita da una strada di quartiere che interseca la stessa circonvallazione e prosegue verso il centro storico di Aci S. Antonio. Ad un angolo di tale incrocio è situato l'ingresso al parcheggio di un supermercato, la cui presenza influisce certamente sulle condizioni di deflusso veicolare. Si rileva inoltre, nelle prime ore della mattina, un'intensa attività da parte dei mezzi per la pulizia delle strade e della Nettezza Urbana, che è responsabile di un innalzamento del livello sonoro in quelle ore del giorno.

L'intersezione è a quattro bracci ed è dotata di corsie per la svolta a destra e a sinistra con isole divisionali. È provvista di segnaletica orizzontale e verticale, ma è priva di una corsia di accumulo per i veicoli (in numero considerevole) che abbandonano la circonvallazione per inserirsi in direzione sud.



Figura 3. Intersezione a raso 1 (circonvallazione di Aci S. Antonio)

## **Intersezione a raso 2**

Questa intersezione (Fig. 4) si trova al limite di una zona urbana caratterizzata, oltre che da insediamenti residenziali, anche da alcune attività commerciali. Il traffico veicolare, piuttosto sostenuto, è spiegabile dal fatto che, tramite questo nodo, viene garantita la connessione tra la circonvallazione e due importanti direttrici: la strada provinciale per Acireale e l'autostrada A18 Messina-Catania. Quest'ultima, tra l'altro, passa poco distante in linea d'aria dall'intersezione, condizionando indubbiamente il clima acustico dell'area medesima.

Anche in questo caso abbiamo a che fare con un quadrivio, provvisto di corsie per la svolta a destra e a sinistra. Le isole divisionali sono presenti soltanto in direzione Acireale e, analogamente all'incrocio precedente, è assente la corsia di accumulo necessaria ai veicoli che, a partire dalla circonvallazione, intendono riversarsi in direzione Acireale.



Figura 4. Intersezione a raso 2 (circonvallazione di Aci S. Antonio)

## **Rotatoria 2**

La rotatoria (Fig. 5) è situata in una zona residenziale ricca di attività commerciali, alcune delle quali affacciate sulla rotatoria stessa. Questa intersezione, analogamente alle altre, è interessata da flussi veicolari consistenti (con una percentuale non trascurabile di mezzi pesanti).



La rotatoria ha un'isola centrale di forma irregolare, molto allungata. Si possono distinguere due circonferenze di raggio pari, rispettivamente, a 9,50 m e a 10,50 m, raccordate da ulteriori elementi curvilinei.

Anche in questa rotatoria, la carreggiata della corona giratoria è a singola corsia e sono presenti, in tutti i rami, le isole di separazione rialzate e provviste di apposita segnaletica.



Figura 5. Rotatoria 2 (circonvallazione di Aci S. Antonio)

## **MODALITÀ DELLE MISURE ACUSTICHE E DI TRAFFICO**

Le indagini sperimentali, mirate alla caratterizzazione acustica delle intersezioni descritte in precedenza, sono state svolte nei mesi di aprile e maggio. I rilevamenti sono stati effettuati, in condizioni meteorologiche ottimali, nei giorni feriali con esclusione del lunedì e del venerdì perché vicini al week-end.

Per l'esecuzione delle misure acustiche sono stati impiegati due fonometri integratori Larson & Davis 700, compatibili con la classe 1 di precisione (arrotondamento a 0,5 dB), e completi di certificato di taratura. I microfoni montati su ciascuno dei fonometri sono ad incidenza casuale, di classe 1, muniti di cuffie antivento.

Le misurazioni fonometriche sono state eseguite con la curva di ponderazione A e con la costante di tempo FAST, in modo da ottenere una risposta rapida alle fluttuazioni delle onde sonore.



La calibrazione delle apparecchiature è stata eseguita prima e dopo ogni ciclo di misure.

In tutte le misure, gli strumenti sono stati montati su un treppiedi e posizionati all'altezza di 1,5 metri così come suggerito dalla Normativa (D.M. 16/3/98, "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico").

I punti di rilievo, nelle rotatorie, sono stati scelti all'interno dell'isola centrale, a circa 3 - 4 metri dal bordo (Fig. 6.A). L'orientamento del fonometro è avvenuto verso la porzione di corona giratoria che garantiva le migliori condizioni operative (lontananza da sorgenti sonore e da superfici riflettenti).

Nelle intersezioni a raso, invece, i punti di misura sono stati posizionati nell'isola divisionale centrale, a una decina di metri dall'asse della strada principale (Fig. 6.B).



Figura 6. Disposizione dei fonometri: A) sulle rotatorie, B) sulle intersezioni a raso

Nell'arco temporale complessivo della campagna di indagine sono stati eseguiti 256 rilievi fonometrici, ciascuno della durata di un'ora, al fine di caratterizzare compiutamente, per ogni intersezione, il livello sonoro relativo alle 16 ore che definiscono il periodo diurno (dalle 6.00 alle 22.00) definito dalla Normativa italiana (D.P.C.M, 1/03/91, "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"; Legge 447/95, "Legge quadro sull'inquinamento acustico").

È evidente che i dati orari strettamente necessari per la determinazione dei periodi diurni relativi ai quattro incroci sono in numero pari a 64. Tuttavia, si è scelto un campione d'analisi quattro volte più ampio per i seguenti motivi:

- escludere le misure affette da errore (per cattivo posizionamento dei fonometri, per imprecisioni nel settaggio degli strumenti, per qualsiasi altra causa);
- eliminare i dati relativi a misurazioni associate ad intervalli orari non completati a causa dell'esaurimento delle pile di alimentazione;
- individuare univocamente le misure falsate da eventi sonori particolari;
- avere a disposizione un campione di misure statisticamente significativo.

Le ripetizioni delle misure orarie sono state eseguite ciclicamente: per ognuna delle intersezioni, le misure acustiche corrispondenti ad uno stesso intervallo orario (ad es. 6.00-7.00) sono state cioè eseguite in 4 giorni differenti (ad es. martedì, mercoledì, giovedì, martedì). In tal modo, ciascun intervallo orario di misura è stato sempre valutato in ognuno dei 3 giorni utili (martedì, mercoledì, giovedì), ed è stato oggetto di un'ulteriore determinazione in una (ed una sola) delle possibili giornate di rilievo.

Contemporaneamente ai rilievi fonometrici, e quindi negli stessi intervalli temporali prescelti, è stata organizzata una campagna di rilevamenti del traffico veicolare così strutturata:

- si sono scelte 5 sezioni di rilievo, collocate tra un'intersezione e l'altra, sulla direttrice principale (circonvallazione) in modo tale da ottenere le informazioni sulla variazione delle portate veicolari dovute alla presenza dei quattro incroci consecutivi;
- in ognuna delle intersezioni stradali è stata individuata un'ulteriore coppia di sezioni di rilevamento, in corrispondenza di ciascuno dei rami secondari;
- una squadra di 3 operatori, durante le operazioni di rilievo, ha proceduto all'annotazione manuale, su un modulo cartaceo, dei flussi di traffico distinti in 3 categorie di veicoli (autovetture, mezzi pesanti, motocicli e ciclomotori) e separati in funzione del senso di marcia.

È doveroso osservare che i dati di traffico sono stati ottenuti per il numero di ore (64) strettamente indispensabile per la definizione delle condizioni di traffico associate a ciascuno dei periodi di analisi relativo ad ognuna delle intersezioni presa in esame. Anche in questo caso, i 3 operatori sono stati indirizzati a compiere l'attività di rilievo in modo ciclico, suddividendo in più settimane l'acquisizione dei dati ed ottenendo comunque le portate veicolari relative a ciascuno dei 64 intervalli orari di riferimento.

## RISULTATI DELLA CAMPAGNA D'INDAGINE ED INTERPRETAZIONE DELLE MISURE FONOMETRICHE

Così come è possibile evincere dalle figure 7,8,9, e 10, per ognuna delle 4 intersezioni si è ricavato il cosiddetto "Profilo acustico" relativo ai 16 intervalli orari di riferimento, ovvero il quadro complessivo dei seguenti parametri sonori:

- Livelli di pressione sonora minimi e massimi ( $L_{\min}$ ,  $L_{\max}$ ). È noto che qualunque fenomeno acustico generi una variazione di pressione sul mezzo elastico di propagazione. Tale variazione, rilevabile dall'orecchio umano o da uno strumento acustico, può essere quantificata tramite il livello di pressione sonora, che viene generalmente definito dalla relazione seguente:

$$L_p = 10 \cdot \log_{10} \cdot \left( \frac{p}{p_0} \right)^2 \text{ dBA}$$

dove  $p$  è la pressione efficace e  $p_0$  la pressione sonora di riferimento, pari a  $20 \mu\text{Pa}$  (soglia di udibilità a 1000 Hz) qualora il mezzo di propagazione sia l'aria.

Durante un periodo di misura (ad es. un'ora), risultano significativi i valori massimi e minimi assunti da tale parametro ( $L_{\min}$ ,  $L_{\max}$ ).

- Livello sonoro equivalente ( $L_{\text{eq}}$ ). Viene definito come il livello stazionario cui compete, nell'intervallo di tempo considerato, la stessa energia del rumore di livello variabile da analizzare; in altre parole, esso rappresenta il livello di pressione sonora di un suono costante che, nel predetto intervallo di tempo, espone l'individuo disturbato alla stessa energia acustica che si ha considerando l'effettiva variabilità del suono. Da un punto di vista analitico si effettua la media energetica dei livelli istantanei di rumore rilevati nel tempo di osservazione:

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

essendo  $T$  l'intervallo di tempo di riferimento,  $p(t)$  la pressione sonora in valore efficace,  $p_0$  la pressione sonora di riferimento.

- Livelli statistici cumulativi ( $L_5$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{95}$ ). Quando si ha a che fare con un rumore statisticamente variabile nel tempo, come quello prodotto dal traffico stradale, è molto utile la rappresentazione della distribuzione cumulativa dei livelli, che consiste in una curva individuante in ordinate la percentuale di tempo, rispetto all'intero intervallo di misura, in cui

ciascun livello, indicato in ascisse, è stato superato. Risulta così abbastanza semplice dedurre il valore dei livelli statistici cumulativi superati per una certa percentuale di tempo (ad esempio  $L_{90}$  rappresenta il livello di rumore superato per il 90% del tempo di osservazione).

Nel caso specifico si sono valutati  $L_5$ ,  $L_{10}$  (rumorosità di picco),  $L_{90}$ ,  $L_{95}$  (rumorosità di fondo).

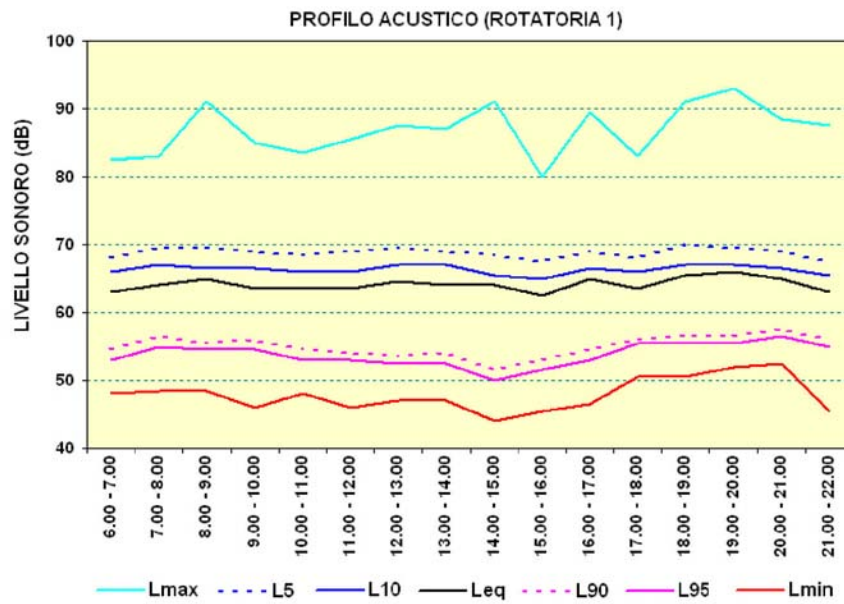


Figura 7. Profilo acustico della rotatoria 1

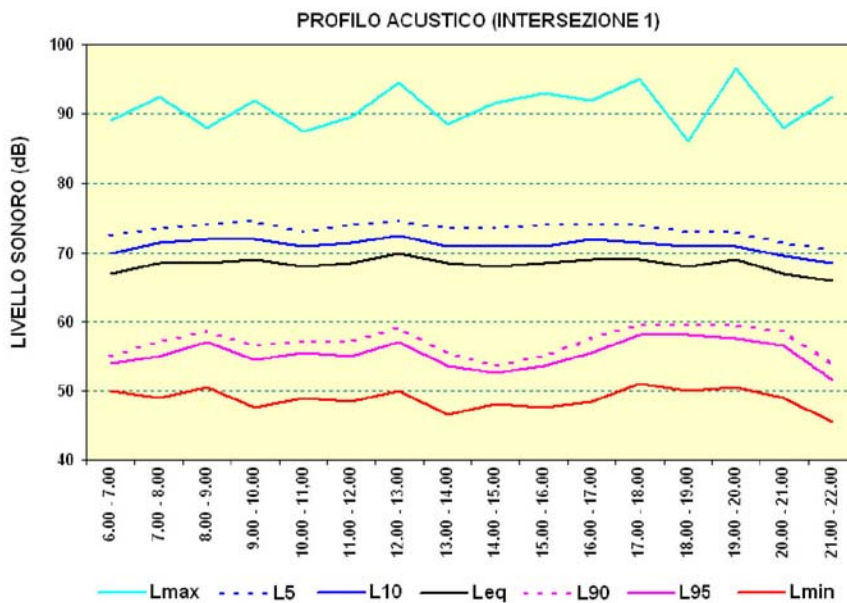


Figura 8. Profilo acustico dell'intersezione 1

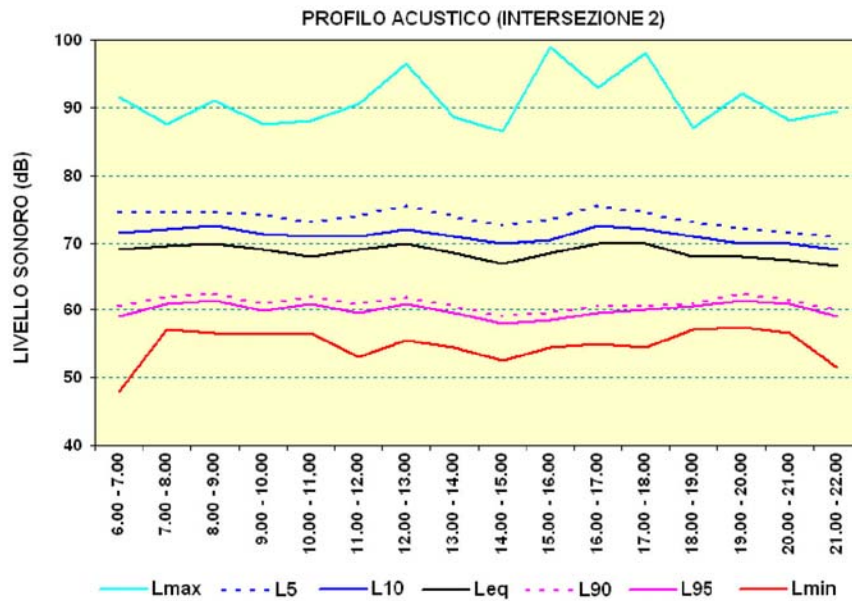


Figura 9. Profilo acustico dell'intersezione 2

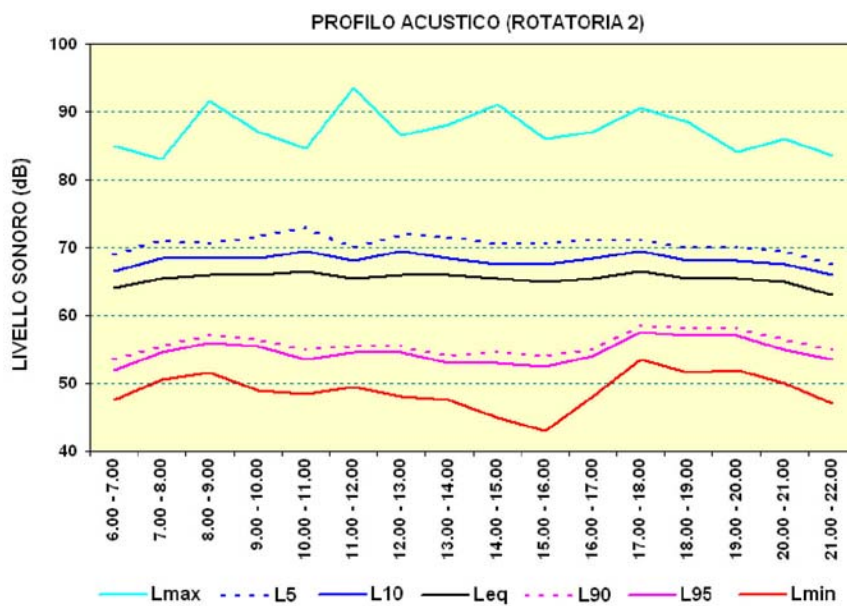


Figura 10. Profilo acustico della rotatoria 2

Dall'esame dei profili acustici si possono trarre le seguenti osservazioni:

- in quasi tutti gli incroci si riscontrano valori analoghi del livello di rumore di fondo. Infatti il parametro  $L_{95}$  si attesta mediamente intorno a 55 dB, tranne che per l'intersezione 2 sulla quale, per effetto del rumore proveniente dalla vicina autostrada, si osservano valori di  $L_{95}$  più alti di circa 4 dB;



- il rumore di picco è significativamente differente in funzione della tipologia di intersezione. Nel caso delle rotatorie, infatti,  $L_5$  assume valori medi intorno ai 70 dB; per contro, le intersezioni a raso presentano valori di  $L_5$  maggiori di circa 4-5 dB;
- nel caso dei parametri  $L_{min}$  ed  $L_{max}$  si possono svolgere considerazioni analoghe a quelle riportate nei punti precedenti. In effetti, mentre i valori di  $L_{min}$  sono pressoché identici per tutte le intersezioni (con la sola eccezione dell'intersezione 2), i valori di  $L_{max}$  riscontrati sugli incroci a raso sono più alti di 4-5 dB rispetto a quelli rilevati sulle intersezioni a circolazione rotatoria;
- l'effetto mitigatore del rumore da parte delle rotatorie è confermato, poi, dall'analisi dei livelli sonori equivalenti. Come si evince tra l'altro anche dal grafico riportato in figura 11, i valori del  $L_{eq}$ , durante l'intervallo temporale di 16 ore, sulle rotatorie, risultano variabili entro un range compreso all'incirca tra 63 dB e 66 dB; i corrispettivi valori, riferiti agli incroci a raso, oscillano invece tra 67 dB e 70 dB.

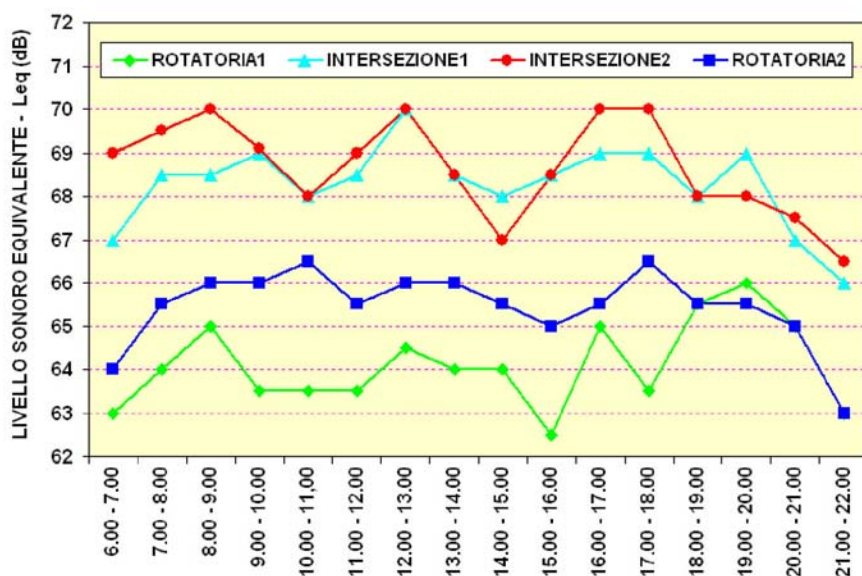


Figura 11. Livelli sonori equivalenti sulle 4 intersezioni oggetto d'indagine

I diagrammi riportati nelle figure 12,13, 14 e 15 evidenziano, per ciascun incrocio e per l'arco temporale di riferimento, la relazione che sussiste tra flussi veicolari e livelli sonori equivalenti. Le portate veicolari sono peraltro distinte in due categorie:

- flusso veicolare orario: rappresenta il numero di veicoli movimentati complessivamente dall'incrocio nell'intervallo temporale considerato, senza distinzione tra le tre categorie di veicoli (leggeri, pesanti, motocicli e ciclomotori);
- flusso veicolare orario acusticamente equivalente: rappresenta il numero di veicoli smaltiti dall'incrocio, ponderato in funzione dell'equivalenza acustica tra le tre classi di veicoli. In particolare, tenendo conto dei valori consigliati in letteratura in funzione della velocità media di marcia, si sono adottati i seguenti fattori di equivalenza: 1 per le autovetture, 5 per i ciclomotori e i motocicli, 8 per i mezzi pesanti.

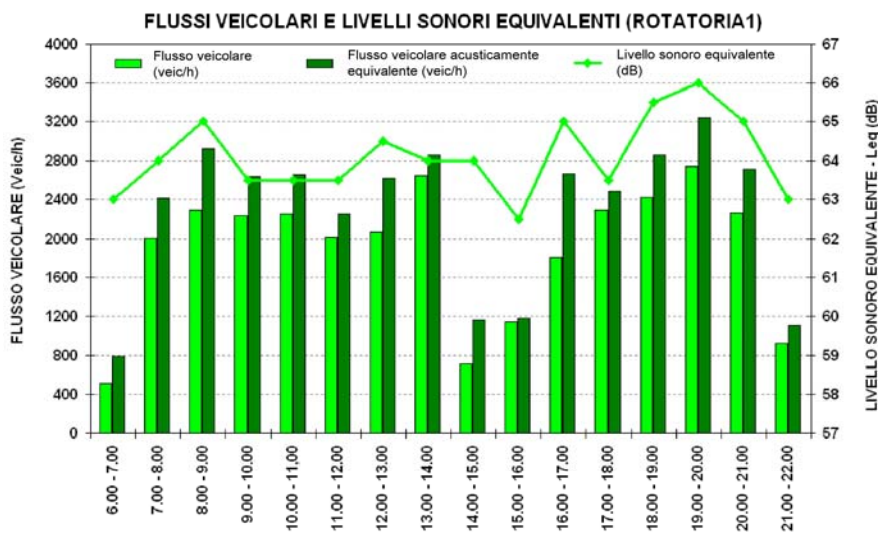


Figura 12. Relazione tra portate veicolari e livelli sonori equivalenti per la rotatoria 1

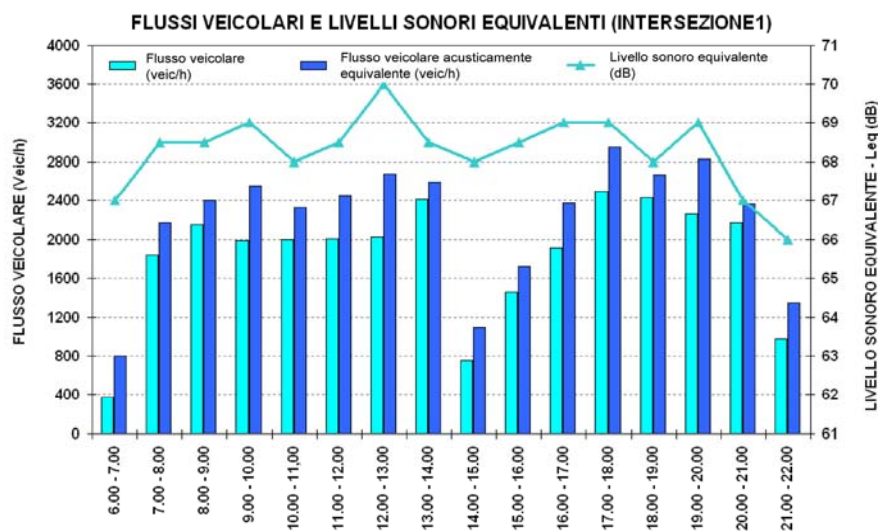


Figura 13. Relazione tra portate veicolari e livelli sonori equivalenti per l'intersezione 1



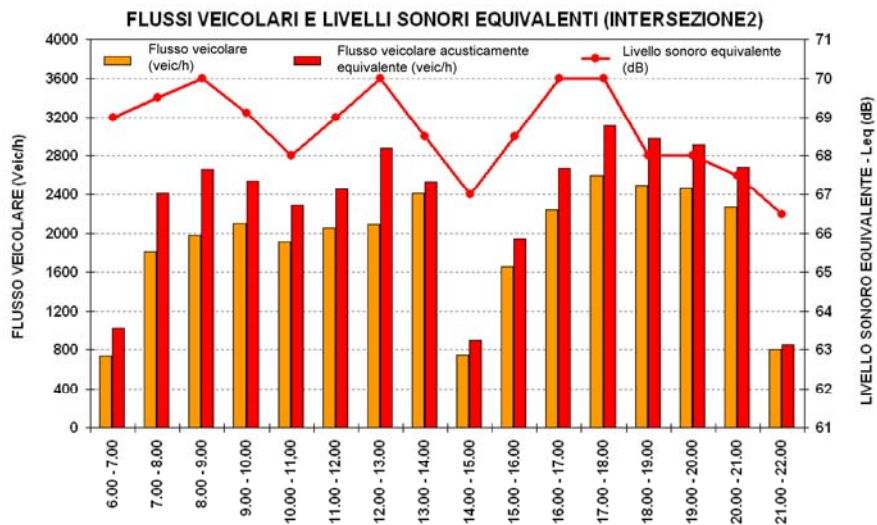


Figura 14. Relazione tra portate veicolari e livelli sonori equivalenti per l'intersezione 2

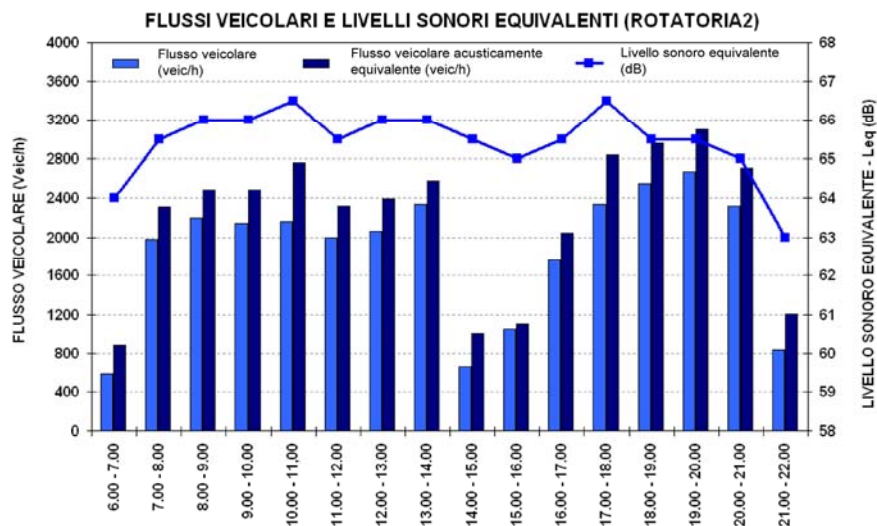


Figura 15. Relazione tra portate veicolari e livelli sonori equivalenti per la rotatoria 2

L'osservazione di tali grafici conferma come la produzione di rumore in corrispondenza dei nodi stradali sia prevalentemente condizionata dalle modalità di approccio alle diverse tipologie di intersezione, e quindi dalla cinematica del moto (in termini di velocità e di accelerazioni). In effetti, i flussi veicolari sono pressoché identici sia per le rotatorie che per le intersezioni a raso tradizionali; per contro, risultano significative le differenze tra i livelli sonori prodotti. Ciò vuol dire che le rotatorie, giacché favoriscono sia la riduzione della velocità di approccio, sia la fluidificazione della circolazione a scapito dei fenomeni di stop and go tipici

delle altre soluzioni progettuali, conducono ad un'attenuazione del rumore prodotto, a parità di condizioni di deflusso.

Dall'analisi dei diagrammi delle figure 12, 13, 14 e 15 è poi possibile evincere un'ulteriore interessante considerazione: le oscillazioni dei valori del livello sonoro equivalente sono fortemente legate alle portate veicolari. A valori di picco del  $L_{eq}$  corrispondono, infatti, valori di picco del flusso veicolare, e viceversa; analogamente, flussi veicolari ridotti comportano livelli sonori di minore entità.

A conclusione dell'esposizione dei risultati della campagna d'indagine, si ritiene importante confrontare i valori del livello sonoro equivalente riferiti all'intero periodo di 16 ore che, come già ricordato, rappresenta l'intervallo temporale che le Norme indicano come riferimento per la quantificazione dell'inquinamento acustico diurno.

Il livello sonoro equivalente esteso al periodo diurno  $L_{eq(D)}$  si valuta con la seguente relazione:

$$L_{eq(D)} = 10 \cdot \log_{10} \left[ \sum_{i=1}^{16} \frac{1}{16} \cdot 10^{\frac{L_{eq,i}}{10}} \right] \text{ dBA}$$

dove  $L_{eq,i}$  è il livello sonoro equivalente dell'i-esimo intervallo.

In figura 16 è riportata una rappresentazione sintetica dei valori di  $L_{eq(D)}$  riferiti alle quattro intersezioni oggetto di studio.

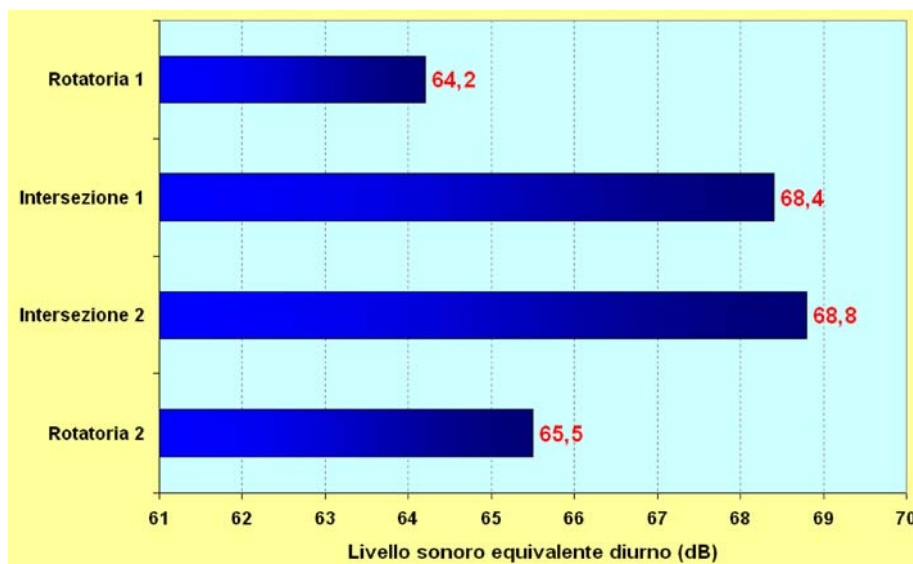


Figura 16. Livelli equivalenti diurni per i quattro incroci analizzati

A conferma delle osservazioni svolte precedentemente si nota come, nel periodo diurno, le rotatorie garantiscano livelli di rumore più bassi di circa 3-4 dB rispetto alle intersezioni a raso tradizionali.

Se ricordiamo, a questo punto, che un incremento (o un decremento) di 3 dB del rumore corrisponde ad un raddoppio (o a un dimezzamento) degli effetti di una qualunque sorgente sonora, si capisce che, dal punto di vista della produzione di rumore da parte del traffico veicolare (assimilabile ad una sorgente sonora fluttuante), le rotatorie hanno un effetto mitigatore più che doppio rispetto alle altre tipologie di incrocio.

## **CONCLUSIONI**

I motivi che inducono le Amministrazioni comunali a scegliere di realizzare una rotatoria, in sostituzione di un'intersezione a raso tradizionale, sono legati prevalentemente alla fluidificazione della circolazione e al miglioramento delle condizioni di sicurezza (riduzione dei punti di conflitto, diminuzione delle velocità di approccio).

Esistono però altri effetti positivi indotti dalle intersezioni a circolazione rotatoria; tra questi, la riduzione delle emissioni inquinanti sia atmosferiche che acustiche.

Con il presente studio, l'autore, a seguito di una campagna di rilevamenti acustici condotta su una serie di intersezioni presenti in ambito suburbano, ha voluto mettere in evidenza come le rotatorie inducano ad un guadagno acustico, rispetto agli incroci a raso canonici, compreso tra 3 e 4 dB.

Questo risultato, non discostandosi dalle conclusioni dedotte da altri ricercatori del settore, potrà essere maggiormente affinato mettendo in conto due peculiarità fondamentali delle rotatorie: le caratteristiche geometriche ed il numero di rami confluenti all'intersezione.

Infatti il raggio della rotatoria influisce sulla lunghezza della corona giratoria e, dunque, sulla estensione dei tronchi di accelerazione e frenatura, punti critici dell'infrastruttura dal punto di vista acustico; inoltre, un elevato numero di rami confluenti potrebbe generare delle zone di concentrazione di veicoli e dunque un rumore più elevato.

In merito a tali questioni, una prima considerazione può essere tratta dall'osservazione dei parametri acustici associati alle due rotatorie oggetto della presente indagine. Si può infatti notare come la rotatoria 2, di forma irregolare e con raggi di curvatura ridotti, dia origine a un livello di rumore mediamente superiore di almeno 1 dB rispetto a quello prodotto dalla rotatoria 1, di forma circolare e di diametro elevato.

Uno degli obiettivi futuri dello scrivente sarà, pertanto, quello di meglio comprendere l'influenza della conformazione geometrica complessiva delle rotatorie sulla produzione di rumore e di quantificarne gli effetti in termini di livelli acustici.