

EFFETTI METEOROLOGICI SULLA PROPAGAZIONE DEL RUMORE: CINQUE CASI STUDIO NAZIONALI

Marco Masoero (1), Carlo Alessandro Bertetti (2), Laura Mattiuzzo (2)

1) Politecnico di Torino

2) Studio Progetto Ambiente srl, Torino

1. Premessa

I risultati sperimentali ottenuti in cinque ambienti attraversati da tracciati autostradali di importanza nazionale (traffico annuale > 6 milioni di veicoli), rappresentativi di differenti condizioni morfologiche e climatiche:

1. area valliva Appennino emiliano, a sezione regolare e ampia;
2. area Appennino toscano, orograficamente complessa, con valli principali e secondarie irregolari;
3. area di fondovalle Appennino toscano, ampio e con deboli rilievi collinari al contorno;
4. area valliva ligure, a sezione regolare convergente verso il mare;
5. area pianeggiante di fondovalle fluviale ligure, convergente verso il mare;

evidenziano differenze di comportamento non trascurabili, sicuramente importanti anche per la taratura dei modelli previsionali, e inducono a riflettere sulle difficoltà pratiche che intervengono nel considerare gli effetti meteorologici sulla propagazione del rumore, come richiesto dalla Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale (END).

Per il territorio italiano, in cui si presentano condizioni orografiche e ambienti climatici molto differenti, non è infatti attualmente disponibile una mappatura delle percentuali di occorrenza delle diverse situazioni climatiche, in grado di garantire un'applicazione rigorosa della correzione meteorologica. In ciascuna area sono state svolte misure di rumore a lungo termine con postazioni fisse settimanali, misure meteorologiche (velocità e direzione del vento, temperatura, umidità relativa, pressione barometrica) e di traffico. In un caso le misure sono state ripetute in differenti stagioni.

2. Analisi dei casi studio

2.1 Ambiente di valle appenninico, Autostrada A1 (a sud uscita Rioveggio)

L'ambiente di propagazione è caratterizzato da un'ampia valle che si sviluppa lungo la direttrice NNE-SSW, attraversata dal torrente Setta. Il tracciato autostradale è collocato a mezza costa sul versante E ed adotta pavimentazione bituminosa tradizionale. La copertura del terreno è prevalentemente agricola, non sono presenti ostacoli antropici o

naturali alla propagazione del rumore, fatta eccezione per una fascia alberata adiacente al tracciato autostradale che, tuttavia, al momento delle misure si presentava priva di massa fogliare. Le misure sono state svolte lungo una sezione di valle ortogonale al tracciato e hanno riguardato il fianco vallivo a monte dell'Autostrada impiegando:

- sei postazioni di misura del rumore, a distanza crescente dall'autostrada (15, 90, 150, 220, 310 e 430 m), delle quali due con metodica di misura settimanale e quattro con metodica di campionamento mobile. I dislivelli del piano campagna locale (pcl) rispetto al piano stradale erano compresi tra 0 m nel punto a minima distanza a 60 m nel punto più lontano. Tutti i microfoni sono stati posizionati a 4 m dal pcl;
- una postazione di misura in continuo dei principali parametri meteorologici (temperatura, umidità relativa, velocità e direzione del vento) localizzata in posizione intermedia.
- una postazione di rilievo del traffico orario sull'A1

Il traffico orario contestuale alle misure di rumore è stato caratterizzato nel periodo diurno da 1566 VI/h e 638 Vp/h e, nel periodo notturno, da 372 VI/h e 500 Vp/h. Il traffico è bilanciato tra le due carreggiate di marcia in direzione N e S. A 15 m dal ciglio autostradale sono stati rilevati 79 dB(A) diurni e 77 dB(A) notturni.

I risultati delle misure indicano che:

- il differente regime di insolazione dei versanti della valle, e le conseguenti termiche ascendenti sul versante di valle opposto al sito di misura, determina l'attivazione di venti di pendio che si ripetono tutti i giorni a partire dalle ore 10:00 ÷ 12:00 per poi terminare alle ore 20:00. I venti, inizialmente deboli da S e W, si rinforzano e deviano su provenienze da N-E;
- il campo sonoro, originariamente cilindrico, viene sbilanciato e le postazioni di misura assumono esposizione sopravento all'autostrada. La differenza ΔL_{Aeq} tra i livelli di rumore rilevati nelle postazioni a 90 m e 310 m dall'autostrada, pari a circa 4 dB(A) in condizioni di calma di vento, raggiunge 10-11 dB(A) quando si attivano i venti di pendio (Figura 1);
- alle medie-lunghe distanze scompare l'alternanza giorno-notte: i 2.4 dB(A) circa di ΔL_{Aeq} rilevati a 15 m dall'autostrada diminuiscono a 1.6 dB(A) a 90 m per poi annullarsi a distanze superiori ai 300-350 m;

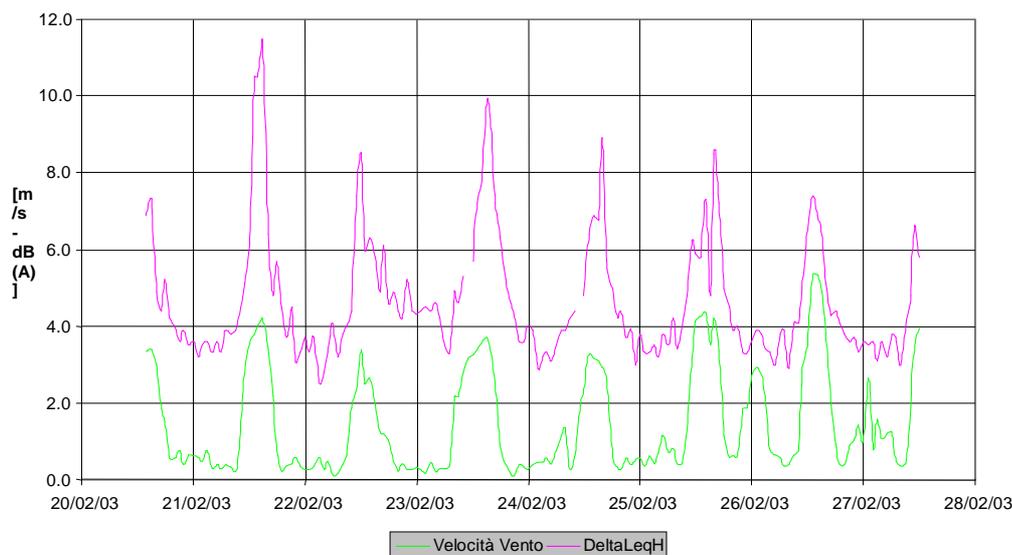


Figura 1 – Andamento temporale di velocità del vento e ΔL_{Aeq} .

- questo fenomeno è soggettivamente riscontrato dalla popolazione esposta che, oltre a segnalare l'effetto del vento sulla propagazione del rumore, indica che la notte è parimenti rumorosa del giorno sebbene associata a transiti minori.

2.2 Ambiente appenninico complesso, Autostrada A1 (a N uscita Barberino M.)

Le misure sono state svolte lungo una direttrice che segue l'asse della valle secondaria, obliqua rispetto al tracciato autostradale, e hanno riguardato il lato a monte dell'Autostrada. Sono state impiegate strumentazioni analoghe a quelle precedentemente indicate, con postazioni di misura del rumore a distanza crescente dall'autostrada (0, 5, 65, 210, 400, 700 m), delle quali due con metodica di misura settimanale e quattro con metodica di campionamento mobile. I dislivelli del pcl rispetto al piano stradale erano compresi tra - 10 m (sotto il viadotto) e + 67 m nel punto più lontano. Tutti i microfoni sono stati posizionati a 4 m dal pcl.

Il traffico è stato caratterizzato nel periodo diurno da 1560 VI/h e 635 Vp/h e, nel periodo notturno, da 366 VI/h e 502 Vp/h. Il traffico è bilanciato tra le due carreggiate di marcia in direzione N e S. A 5 m dal ciglio autostradale sono stati rilevati circa 80 dB(A) diurni e 78 dB(A) notturni. I risultati delle misure indicano che:

- in presenza di valli di piccole dimensioni, irregolari e con differente esposizione dei versanti alla radiazione solare, i venti non presentano dinamiche regolari e direzioni dominanti. Si constata l'assenza di sincronizzazione tra gli eventi meteorologici e la variazione dei livelli di rumore nei periodi di riferimento;
- il ΔL_{Aeq} giorno-notte, di circa 2 dB(A) in prossimità del ciglio autostradale, si mantiene inalterata sulle medie-lunghe distanze;
- le condizioni di esposizione alla sorgente di rumore autostradale risultano in genere non uniformi all'aumentare della distanza. Le postazioni di misura più a monte risentono delle emissioni acustiche di una parte di tracciato autostradale non visibile dagli altri punti di misura.

2.3 Ambiente vallivo di costa, Autostrada A10 (Pietra Ligure)

L'ambiente di propagazione si sviluppa sul versante vallivo, a sezione regolare e convergente verso il mare, che sovrasta in direzione N l'autostrada A10. Il tracciato è caratterizzato da tipologie d'opera in viadotto e mezza costa con muro di controripa, la pavimentazione è di tipo drenante fonoassorbente monostrato.

Le misure sono state svolte lungo due sezioni vallive ortogonali al tracciato autostradale, in ciascuna delle quali sono state installate due postazioni di misura settimanali a distanza 80-320 m e 40-200 m. In ulteriori sei punti sono state svolte delle misure assistite con tecnica mobile. La stazione meteorologica è stata localizzata a monte. I dislivelli del pcl rispetto al piano stradale erano compresi tra +27 m e +135 m nel punto più lontano. Tutti i microfoni sono stati posizionati a 4 m dal pcl. Il traffico è stato caratterizzato nel periodo diurno da 1916 VI/h e 303 Vp/h e, nel periodo notturno, da 626 VI/h e 146 Vp/h. A 40 m dal ciglio autostradale sono stati rilevati circa 65 dB(A) diurni e 61 dB(A) notturni. I risultati delle misure indicano che:

- i venti presentano un ciclo giornaliero regolare. La direzione del vento nelle ore diurne 9-20 è da S-E (vento di mare), favorevole alla propagazione verso il versante vallivo indagato. Nelle ore serali/notturne e prime ore del mattino, la direzione è da N-W (vento di terra) sfavorevole alla propagazione. La classe di velocità del vento 0.5-2 m/s è risultata prevalente (57.5 %), seguita dalla classe 2-4 m/s (31.8%) e 4-6 m/s (7.5%). La velocità del vento è tipicamente minima nel periodo notturno e massima nel periodo diurno di massimo irraggiamento solare;

- ΔL_{Aeq} giorno-notte, di circa 4.7 dB(A) in corrispondenza della postazione a minima distanza dall'autostrada (40 m), aumenta fino a un massimo di 7 dB(A) a 320 m.

L'area di indagine è stata oggetto di una modellazione dettagliata svolta con SoundPLAN. Il traffico simulato per la taratura con lo standard RLS90, che non considera gli effetti meteorologici sulla propagazione del rumore, determina un ΔL_{Aeq} giorno-notte di 4.6 dB(A), pervenendo ad una accuratezza di previsione (differenza tra valore misurato e valore calcolato) compresa tra -0.1 e +2.8 dB(A) nel periodo diurno e -2 ÷ +0.5 dB(A) nel periodo notturno. La stessa simulazione svolta con lo standard NMPB determina una differenza giorno-notte di 4.2 dB(A). Questo standard tiene conto degli effetti meteorologici attraverso il valore p , percentuale di condizioni favorevoli alla propagazione del rumore. In condizioni omogenee ($p = 0$), l'accuratezza di previsione è bassa nei punti a distanze di 200-300 m dalla sorgente (+5.7 dB(A) nel periodo diurno, +4.2 nel periodo notturno). In condizioni favorevoli alla propagazione come definite dalla Raccomandazione Europea ($p = 50\%$ diurno, $p = 100\%$ notturno), l'accuratezza di previsione nei punti lontani cresce rimanendo tuttavia in sottostima nel periodo diurno, mentre nel periodo notturno sovrastima i livelli misurati di 1-2 dB(A).

Per le condizioni evidenziate dal campo anemologico locale, con ricettori sottovento alla sorgente nel periodo diurno e sopravento nel periodo notturno, si è rilevato più idoneo considerare un valore del fattore p più alto nel periodo diurno che nel periodo notturno. Per esempio, per valori di p pari a 100% nel periodo diurno e di 50-60 % nel periodo notturno, è possibile riprodurre i valori misurati nei punti lontani con un'accuratezza di ± 0.5 dB(A). Alla migliore accuratezza nei punti lontani si contrappone tuttavia, in generale, una sovrastima nei punti vicini.

2.4 Ambiente pianeggiante prossimo alla costa, Autostrada A15 (S.Stefano Magra)

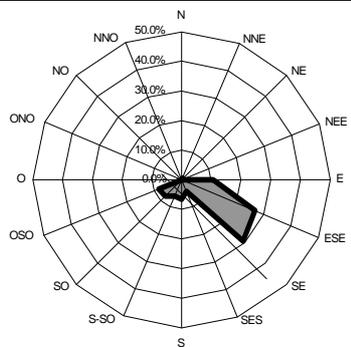
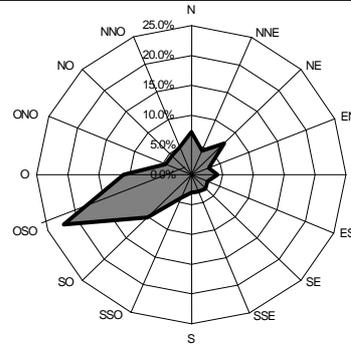
L'ambiente di propagazione esaminato è di pianura (fondovalle del fiume Magra) in direzione N rispetto al tracciato della A15 mentre, in direzione S, sono presenti deboli rilievi collinari. Il tracciato autostradale è in rilevato/raso e viadotto all'estremità E dell'area di studio, la pavimentazione di tipo tradizionale, il traffico simmetrico tra le due direzioni di marcia. Le misure sono state svolte in quattro punti di monitoraggio con postazioni settimanali e microfoni a 4 m dal pdc: lato S a 25 m e 100 m, lato N a 15 m e 20 m dal ciglio autostradale. In ulteriori 12 punti sono state svolte delle misure assistite con tecnica mobile. Il riferimento meteorologico è tratto dalla stazione di La Spezia. Il traffico è stato caratterizzato da un TGM pari a 37183 veicoli totali: nel periodo diurno 1710 VI/h e 345 Vp/h e, nel periodo notturno, da 402 VI/h e 135 Vp/h. I risultati delle misure indicano che:

- nel periodo notturno si verificano in modo sistematico venti di direzione N-W, con velocità di 2-3 m/s, che determinano condizioni favorevoli alla propagazione per il versante a S dell'autostrada e, all'opposto, condizioni sfavorevoli in direzione N.
- il ΔL_{Aeq} giorno-notte delle postazioni a N è risultata di 3.9 dB(A) mentre per le postazioni a S di 5 dB(A)
- in questo caso gli effetti meteorologici sulla propagazione del rumore, in prossimità del tracciato autostradale, determinano una differenza di 1 dB(A) tra i due lati della sorgente di emissione.
- la taratura di un modello previsionale basata solo su una misura svolta da un lato dell'autostrada non avrebbe permesso di rilevare questo comportamento e di sovrastimare o sottostimare i livelli di 1 dB(A) (50% dell'accuratezza di stima richiesta)

2.5 Area di fondovalle ampio con deboli rilievi collinari al contorno, Autostrada A15 (a W svincolo di Pontremoli)

In un punto di monitoraggio localizzato a 180 m di distanza dal ciglio autostradale della A15, a circa 5 m dal pcl e +14 m dal piano stradale, con tracciato in viadotto/raso e pavimentazioni miste (50% drenante fonoassorbente, 50% tradizionale), è stata svolta un rilievo settimanale del rumore e in parallelo il rilievo dei principali dati meteorologici e del traffico. I rilievi sono stati svolti in periodo estivo per poi essere ripetuti con analoghe modalità in periodo autunnale. In periodo estivo le misure documentano una prevalenza della classe di velocità 0.5-2 m/s (53% dei casi) e, a seguire, 33% di calma di vento e 12.5% con velocità compresa tra 2-4 m/s. Nel periodo diurno provenienze da ESE e SE con sorgente sottovento. Nel periodo notturno si verifica una inversione di direzione, prevalgono condizioni di calma di vento e direzioni di provenienza da SSW-WSW. In periodo invernale diurno prevalgono condizioni di calma di vento: il 66.5% delle osservazioni indica velocità del vento inferiore a 0.5 m/s, il 28.9 % vento tra 0.5-2 m/s, il 3.2 % vento tra 2-4 m/s. Nel periodo notturno prevalgono i venti da W-WSW. Le misure evidenziano che nel periodo diurno la variazione stagionale di condizioni di propagazione del rumore prevale, in termini di effetti sul campo sonoro, sulle variazioni stagionali di traffico. Nel periodo notturno, ad ugual condizioni di propagazione, la diminuzione di livelli in periodo invernale è determinata dal minor traffico (Tab 1).

Tabella 1 – Differenze giorno/notte nelle postazioni di misura

LUGLIO		NOVEMBRE	
LAeq(6-22)= 52.7	LAeq(22-6)= 49.7	LAeq(6-22)= 53.1	LAeq(22-6)= 48.9
TGM(6-22)= 32892, 16.8% Vp	TGM(22-6)= 4290 25% Vp	TGM(6-22)=16738 25.4% Vp	TGM(22-6)=2295 36% Vp
			
<p>Giorno: il ricettore è sopravvento al tracciato autostradale visto dal microfono (cond. sfavorevole alla propagazione) Notte: direzioni sfavorevoli alla propagazione</p>		<p>Giorno: direzioni del vento favorevoli alla propagazione del rumore: il tratto autostradale visto dal ricettore è sottovento. Notte: direzioni sfavorevoli alla propagazione</p>	

3. Conclusioni

Le condizioni di vento locali modificano i ritmi del paesaggio sonoro autostradale, determinando variazioni che esaltano o smorzano il decorso temporale del traffico. Rispetto alle condizioni di propagazione omogenee, dove la differenza di livelli giorno-notte è sostanzialmente attribuibile al differente traffico diurno e notturno, si verificano situazioni in cui le condizioni favorevoli alla propagazione del rumore compensano le variazioni di traffico e viceversa altre in cui tale differenza viene amplificata. Le misure svolte in alcune situazioni tipiche nazionali, pur lontane dal voler essere considerate

rappresentative delle condizioni a lungo termine nel senso attribuito dalla END a questo termine, forniscono alcuni spunti di riflessione sulla importanza e complessità della problematica:

- la morfologia dell'area e l'inserimento geografico sono fattori locali in grado di alterare significativamente la propagazione del rumore. I venti locali rendono asimmetrico il campo sonoro, creando condizioni favorevoli/sfavorevoli alla propagazione;
- la differenza di rumore giorno-notte in prossimità del ciglio stradale, originata dal differente traffico nei periodi di riferimento, può azzerarsi alle lunghe distanze in ambienti di valle larga, mantenersi sostanzialmente invariata in morfologie complesse, o, all'opposto, esaltarsi in ambienti vallivi di costa (Figura 2);
- all'interno della Fascia A di pertinenza, ossia entro i primi 100 m dal ciglio autostradale, in tutti i casi esaminati gli effetti meteorologici sulla propagazione sono contenuti entro ± 1 dB(A). Nei piani di risanamento acustico, prioritariamente orientati alla bonifica della Fascia A, il fatto di non considerare gli effetti meteorologici ha pertanto effetti limitati;
- all'interno della Fascia B e fuori fascia sono stati constatati effetti massimi dell'ordine di $2 \div 2.5$ dB(A) in ambiente di valle. Per le attività di risanamento della Fascia B e delle aree fuori fascia è necessario considerare gli effetti meteorologici;
- questi comportamenti sono difficilmente prevedibili se non si dispone di dati rilevati localmente, meglio se con misure di lungo periodo e su versanti opposti. E' facile cadere in grossolani errori in sede di taratura dei modelli previsionali qualora la medesima venga svolta in base a punti di monitoraggio prossimi alla sorgente e localizzati solo da un lato rispetto alla stessa.

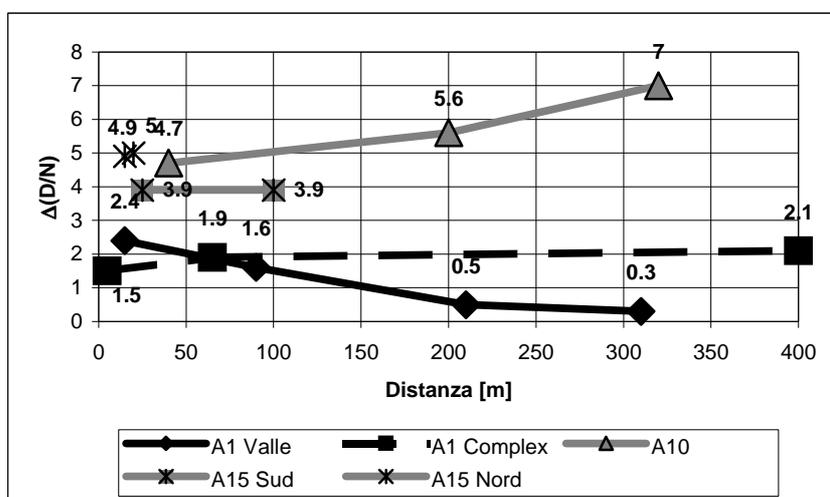


Figura 2 – Differenza L_{Aeq} giorno/notte in funzione della distanza

Per quanto riguarda gli aspetti previsionali, è stato constatato in un caso studio che l'accuratezza di previsione conseguito con RLS90, non considerando gli effetti meteorologici sulla propagazione, è complessivamente accettabile. L'accuratezza ottenibile con NMPB migliora alle medie-lunghe distanze, ma è sostanzialmente condizionata dalla possibilità di definire con esattezza la correzione meteorologica.

4. Ringraziamenti

Si ringraziano Autostrade per l'Italia SpA, Autocamionale della Cisa SpA e Autostrada dei Fiori SpA per aver consentito l'uso dei dati rilevati.