

VALUTAZIONE DI INCIDENZA DEL RUMORE PRODOTTO DAI CANTIERI SULL'AVIFAUNA

Dorina Spoglianti (1), Marco Salomone (2), Carlo A. Bertetti (3), Marco Falossi (4), Pasquale Bottalico (5)

- 1) SINA S.p.A, Milano, dorina.spoglianti@sina.co.it
- 2) SINA S.p.A, Milano, marco.salomone@sina.co.it
- 3) Studio Progetto Ambiente srl, Torino, ac.bertetti@progambiente.it
- 4) Studio Progetto Ambiente srl, Torino, m.falossi@progambiente.it
- 5) Studio Progetto Ambiente srl, Torino, p.bottalico@progambiente.it

1. Premessa

Il rumore legato ad attività umane, ed in particolare quello determinato dalle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie e dalle attività di cantiere, ha un impatto fisiologico e comportamentale sull'avifauna nidificante e migratoria. Gli effetti possono riguardare il mascheramento dei segnali che gli uccelli usano per comunicare tra appartenenti alla stessa specie o per riconoscere segnali biologici, con conseguente allontanamento dalle aree rumorose e spopolamento, l'alterazione della chiarezza di rilevamento dei suoni di predatori e/o delle prede, l'aumento dello stress causato da rumori che disturbano le fasi di alimentazione (riduzione del "time budget"), ecc. In assenza di habitat silenziosi alternativi a quelli rumorosi possono inoltre verificarsi conseguenze più sostanziali e negative a carico delle specie, con potenziali minacce alla sopravvivenza.

A fronte della riconosciuta significatività degli effetti sull'avifauna, nelle procedure finalizzate alla Valutazione di Incidenza, ossia alla verifica e valutazione degli effetti di attività ed interventi sui siti facenti parte della Rete Natura 2000, e all'individuazione delle idonee misure di mitigazione/compensazione miranti alla prevenzione del deterioramento dei siti stessi, il rumore viene in genere trattato in forma semplificata considerando ambiti di interazione potenziali tratti da studi bibliografici, in assenza di specifiche valutazioni previsionali modellistiche locali.

Il lavoro in oggetto propone un approccio valutativo quantitativo dell'incidenza del rumore sull'avifauna basato sulla trasposizione delle mappature di rumore generalmente predisposte per la verifica degli effetti di disturbo del rumore sull'uomo. Il punto di partenza è pertanto una base modellistica tridimensionale del territorio (DTM digital terrain model e DBM digital building model) già sviluppata e un data base dei risultati dei calcoli acustici, georiferiti su una mesh di calcolo ed espressi per mezzo di indici sintetici Leq in scala A per i periodi diurno e notturno, riferiti al clima acustico ante operam e all'impatto ante e post mitigazione dell'attività di cantiere.

2. Le basi scientifiche di riferimento

L'analisi dei risultati forniti dalla letteratura scientifica ha permesso di definire un "modello" comportamentale di riferimento dell'avifauna, nel seguito brevemente descritto. Le valutazioni di correlazione tra il rumore e gli effetti sull'avifauna sono state realizzate considerando:

a) la classificazione proposta da Dooling and Popper [1], elaborando i risultati derivati dalle simulazioni del rumore da cantiere e del clima acustico ante operam al fine di creare una zonizzazione acustiche in funzione degli effetti generati dal rumore sull'avifauna;

b) gli studi olandesi di Waterman *et al.* [2] e Reijnen *et al.* [3][4][5], valutando la diminuzione di densità relativa di avifauna causata dai livelli di rumorosità introdotta dai cantieri prima e dopo gli interventi di mitigazione.

2.1 Comunicazione e sensibilità uditiva

Quasi tutte le specie di uccelli basano il riconoscimento di un singolo uccello e di uno appartenente alla stessa specie, la scelta del partner, il riconoscimento di prede e predatori, la difesa territoriale e altre attività sociali sulla comunicazione acustica.

In generale, l'intervallo di massima udibilità per gli uccelli è rappresentato da frequenze comprese tra circa 1-2 e 5-8 kHz. Recenti studi hanno riscontrato un effetto Lombard per l'avifauna, analogo a quello che si verifica per l'uomo, il che implica un aumento di intensità e frequenza fondamentale nel canto al crescere del rumore. Tale effetto, oltre ad un consumo maggiore di energia da parte dell'uccello, lo rende anche maggiormente individuabile e quindi più esposto ai predatori.

La variabilità nella sensibilità dell'udito tra le specie di uccelli non è grande, ma i passeriformi hanno un udito migliore alle alte frequenze rispetto ai non-passeriformi, mentre i non-passeriformi riescono a rilevare segnali meno intensi alle basse frequenze rispetto a quanto non facciano i passeriformi. I rapaci notturni possono in genere rilevare suoni molto meno intensi di quanto non riescano a fare le altre specie.

2.2 Effetti del rumore sull'avifauna e mascheramento dei segnali

I livelli di rumore che potranno verificarsi in prossimità del perimetro del cantiere sono molto inferiori ai livelli da cui derivano perdita di udito e spostamento permanente o temporaneo della soglia uditiva.

Nelle aree esterne al cantiere, in tutti i casi in cui il livello spettrale generato dal cantiere e dal traffico di cantiere tra i 2 e i 8 kHz è pari o superiore al livello di rumore ambientale, potranno verificarsi fenomeni di mascheramento dovuti al rumore introdotto, con conseguenti effetti fisiologici e comportamentali sull'avifauna.

La curva di udibilità degli uccelli deve essere opportunamente modificata tenendo conto del rumore di fondo presente al momento di un segnale utile per l'uccello: per un tipico uccello, un tono puro affinché risulti percepibile deve essere di circa 27 dB (\pm 3dB) sopra il livello spettrale di rumore, con una significativa variabilità tra le diversi specie, mentre nel caso dell'uomo è pari a 21 dB. Tale differenza implica forti differenze tra uomo e uccello nel determinare la posizione di una sorgente sonora in condizioni reali. Considerando che il livello di pressione sonora decresce di circa 6 dB al raddoppio della distanza tra sorgente e ricevitore in condizioni di campo libero, tale differenza implica che un uomo può riconoscere la posizione di una sorgente in condizioni di rumore al doppio della distanza rispetto ad un uccello.

2.3 Effetti sulla densità delle specie

La variazione di densità delle specie in funzione della distanza dalle sorgenti di rumore è determinata dall'allontanamento dell'avifauna dalle aree in cui si verificano effetti di mascheramento dei segnali, con una diminuzione di densità che aumenta all'aumentare del livello di rumore ambientale per livelli maggiori di 45-47 dBA. Gli individui che non si allontanano devono ridurre la distanza di comunicazione (diametro territoriale). Il fenomeno è contraddistinto da un'ampia dispersione correlata alla sensibilità uditiva della specie e alla presenza di effetti sinergici non acustici.

3. Metodologia

Le analisi hanno considerato come informazioni di base lo stato iniziale dell'ambiente, espresso per mezzo di mappe di clima acustico giorno/notte e l'impatto determinato dalle attività di cantiere, espresso per mezzo di mappe di rumore ante e post mitigazione giorno/notte.

Per quanto riguarda la simulazione del rumore ante operam, i livelli globali ponderato A sono stati tradotti in forma spettrale utilizzando lo spettro normalizzato proposto dalla UNI EN 1793-3 (1999), descritto in seguito.

Per quanto riguarda il rumore originato dai cantieri, le simulazioni hanno permesso di ottenere i livelli di pressione sonora puntuali per banda d'ottava ponderati secondo la curva di ponderazione A nelle zone da analizzare. Le bande considerate sono quelle con frequenza centrale tra i 250 Hz e gli 8 kHz, frequenze nello spettro udibile dagli uccelli.

Al fine di ottenere i valori sopra descritti ma relativi a punti appartenenti ad una griglia comune ed equidistribuita nella zona di studio, è stato utilizzato il software ArcGis10 con estensione Spatial Analyst. Su ArcGis sono state caricate le mappe puntuali ottenute dalla simulazione con SoundPLAN, successivamente tali valori sono stati spazialmente interpolati al fine di produrre rappresentazioni continue raster. L'algoritmo utilizzato per l'interpolazione è un algoritmo definito a priori: l>IDW (Inverse Distance Weighting), che pesa in modo inverso la distanza secondo la legge di Tobler. Tale algoritmo è un metodo esatto, ovvero tra i valori di input e i valori di output lo scarto è uguale a 0. L>IDW si basa sul seguente algoritmo:

$$(1) \quad z_i = \frac{\sum z_j \cdot w}{\sum w}$$

Per l'analisi effettuata è necessario avere informazioni sui livelli ponderati per banda d'ottava per entrambi gli scenari, di conseguenza, sotto l'ipotesi che il rumore ambientale sia principalmente imputabile al rumore da traffico, è stato utilizzato lo spettro normalizzato proposto dalla UNI EN 1793-3 (1999) per calcolare i livelli di pressione sonora per banda d'ottava ponderati secondo la curva di ponderazione A, partendo dal livello globale ponderato A. Una problematica riscontrata consiste nel fatto che la UNI da indicazione da 100 a 5000 Hz, ovvero per le bande d'ottava tra 125 e 4000 Hz, trascurando la banda con frequenza centrale di 8000 Hz. Ciò è dovuto al fatto che lo spettro del rumore da traffico nelle frequenze superiori ai 5000 Hz contiene un'energia trascurabile rispetto a quella contenuta nelle frequenze inferiori.

3.1 Zonizzazione degli effetti sull'avifauna

Partendo dai dati puntuali, ottenuti con ArcGis è stato possibile suddividere le mappe di interesse in funzione degli effetti che il rumore da cantiere può causare sull'avifauna in base alle considerazioni di Dooling and Popper [1]. In particolare è stata effettuata una classificazione in 7 zone:

Zona 1: Se un uccello si trova in questa zona, il rumore da traffico o di costruzione può generare perdita di udito, spostamento della soglia uditiva, mascheramento, e/o altri effetti comportamentali e psicologici. La condizione che deve verificarsi a che un punto appartenga alla Zona 1 è la seguente:

$$(2) \quad L(Tot, A) = 10 \cdot \log\left(10^{\frac{L_{glob,amb,A}}{10}} + 10^{\frac{L_{glob,cantiere,A}}{10}}\right) \geq 110 \text{ dB(A)}$$

dove $L(Tot, A)$ rappresenta la somma dei contributi dei livelli ponderati A del rumore ante operam, $L_{glob,amb,A}$, e di cantiere, $L_{glob,cantiere,A}$.

Zona 2: A distanze maggiori dalle sorgenti di rumore, perdita di udito e spostamento permanente della soglia uditiva sono improbabili ma possono verificarsi lo spostamento temporaneo della soglia uditiva, il mascheramento di importanti segnali di comunicazione e altri effetti comportamentali e psicologici. La condizione che deve verificarsi a che un punto appartenga alla Zona 2 è la seguente:

$$(3) \quad 93 \text{ dB(A)} \leq L_{Tot,A} < 110 \text{ dB(A)}.$$

A distanze ancora maggiori dalle sorgenti sonore, ma in cui il livello spettrale generato dalla strada o dal cantiere tra i 2 e i 8 kHz è superiore al livello di rumore ambientale, il mascheramento dovuto al rumore introdotto è molto alto il che può generare effetti fisiologici e comportamentali sugli uccelli. Per il rumore ambientale, come già sottolineato, la componente spettrale nella banda degli 8 kHz si ipotizza trascurabile rispetto a quella compresa nelle bande tra 2 e 4 kHz. Considerando quindi le definizioni (4) e (5):

$$(4) \quad L_{2-8kHz,cantiere,A} = 10 \cdot \log\left(10^{\frac{L_{2kHz,cantiere,A}}{10}} + 10^{\frac{L_{4kHz,cantiere,A}}{10}} + 10^{\frac{L_{8kHz,cantiere,A}}{10}}\right)$$

$$(5) \quad L_{2-4kHz,amb,A} = 10 \cdot \log\left(10^{\frac{L_{2kHz,amb,A}}{10}} + 10^{\frac{L_{4kHz,amb,A}}{10}}\right);$$

è possibile suddividere le zone dove avviene il mascheramento in tre classi, in base al grado di mascheramento.

Zona 3: La condizione che deve verificarsi a che un punto appartenga alla Zona 3, zona ad alto mascheramento, è la seguente:

$$(6) \quad (L_{2-8kHz,cantiere,A} - L_{2-4kHz,amb,A}) \geq 15 \text{ dB};$$

Zona 4: La condizione che deve verificarsi a che un punto appartenga alla Zona 4, zona a mascheramento medio, è la seguente:

$$(7) \quad 6 \text{ dB} < (L_{2-8kHz,cantiere,A} - L_{2-4kHz,amb,A}) < 15 \text{ dB};$$

Zona 5: La condizione che deve verificarsi a che un punto appartenga alla Zona 5, zona a mascheramento basso, è la seguente:

$$(8) \quad 6 \text{ dB} < (L_{2-8\text{kHz},\text{cantiere},A} - L_{2-4\text{kHz},\text{amb},A}) \leq 6 \text{ dB};$$

Zona 6: Una volta che il livello spettrale generato dalla strada o dal cantiere scende sotto i livelli di rumore ambientale nella banda per la comunicazione, il mascheramento dei segnali di comunicazione non è più compromesso dal rumore. Tuttavia, i suoni percepiti alle frequenze più basse dell'udibile per l'avifauna (250-1000 Hz) al di fuori dello spettro utile per la comunicazione, come ad esempio il rombo di un camion, potrebbero ancora causare effetti fisiologici e comportamentali sugli uccelli. Per questo motivo sono state comparate le componenti spettrali del rumore da cantiere nelle bande d'ottava tra i 250 e i 1000 Hz, con la soglia di udibilità. La soglia di udibilità è stata opportunamente modificata in base alle curve proposte da Dooling *et al.* [1], tenendo conto del rumore globale composto dalla componente ambientale e quella di cantiere. Affinché un punto appartenga alla Zona 6 è necessario che almeno una delle seguenti condizioni sia verificata:

$$(9) \quad \begin{aligned} L_{250\text{Hz},\text{cantiere},A} &> L_{\text{soglia}_{\text{modificata},250 \text{ Hz}}} \\ L_{500\text{Hz},\text{cantiere},A} &> L_{\text{soglia}_{\text{modificata},500 \text{ Hz}}} \\ L_{1000\text{Hz},\text{cantiere},A} &> L_{\text{soglia}_{\text{modificata},1000 \text{ Hz}}} \end{aligned}$$

Zona 7: In questa zona, l'energia del rumore da traffico o da cantiere su tutte le frequenze risulta totalmente inudibile (livelli al di sotto della curva di udibilità), di conseguenza non ci sono effetti sull'avifauna.

La Figura 1 fornisce un esempio di restituzione della mappatura delle aree di interazione del rumore sull'avifauna (zonizzazione).

3.2 Variazione potenziale di densità dell'avifauna in fase di cantiere

Gli studi olandesi di Waterman *et al.* [2] e Reijnem *et al.* [3][4][5] propongono un andamento della densità relativa in funzione del livello di rumore in dBA. L'andamento proposto mostra una assenza di effetti sulla densità fino a 45 dBA, dove la densità relativa resta pari a 1, mentre per valori superiori a 45 dBA vi è un decremento di tipo quadratico. L'equazione seguente descrive il fenomeno:

$$(10) \quad y = \begin{cases} 1 & \text{per } x < 45 \text{ dBA} \\ 0,07 + 5,8 \cdot 10^{-2} \cdot x - 8,6 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 & \text{per } x \geq 45 \text{ dBA} \end{cases}$$

dove:

y è la densità relativa di avifauna

x è il livello di pressione sonora pesato secondo la curva di ponderazione A.

La diminuzione di densità relativa di avifauna causata dai livelli di rumorosità introdotta dal cantiere è stata valutata prima e dopo gli interventi di mitigazione. Inoltre, al fine di valutare quanto di questa diminuzione sia imputabile alla presenza del cantiere e quanto al rumore antropico presente nelle zone analizzate, si sono rappresentate delle mappe che valutano la differenza di densità relativa dovuta all'introduzione del cantiere per entrambi gli scenari, mitigato e non mitigato.

La Figura 2 fornisce un esempio di restituzione della mappatura della variazione potenziale di densità di avifauna ante mitigazione



Figura 1 - Aree di interazione ante mitigazione del rumore sull'avifauna

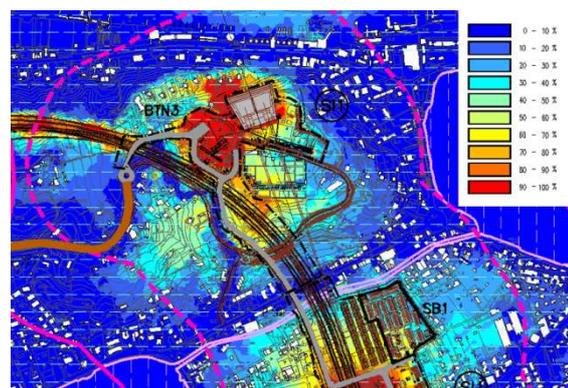


Figura 2 - Variazione potenziale di densità di avifauna ante mitigazione

4. Risultati

In base ai risultati forniti dalla letteratura è stata definita una procedura di analisi che, partendo dalle mappature al continuo di clima acustico ante operam a di impatto acustico in fase di cantiere ante e post mitigazione, “ritagliate” nel campo di frequenza tra 2 e 8 kHz, permette di ottenere la mappatura al continuo degli indici di mascheramento-annoyance e di riduzione della densità dell'avifauna.

I risultati consentono di localizzare le aree di maggior disagio sulle quali focalizzare le iniziative di prevenzione in fase di cantiere, al fine di garantire il raggiungimento di un rapporto equilibrato tra la conservazione soddisfacente degli habitat e delle specie e l'uso del territorio.

I risultati previsionali devono essere interpretati dagli specialisti di settore e confrontati con le informazioni raccolte nel corso di monitoraggio ante operam e con le carte di sintesi della sensibilità e idoneità faunistica.

5. Bibliografia

- [1]. Dooling R. J. and Popper A. N., *The effects of highway noise on birds, Report prepared for The California Department of Transportation Division of Environmental Analysis*, 2007.
- [2]. Waterman E., Tulp I., Reijnen R., Krijgsveld K., ter Braak, C., *Noise disturbance of meadow birds by railway noise*, in Atti di INTERNOISE2004, Prague, 22-25 Agosto 2004
- [3]. Reijnen R. and Foppen R., *The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. IV. Influence of population size on the reduction of density close to the highway*, J. Appl. Ecol. **32** (1995), pp. 481-491
- [4]. Reijnen R., Foppen R., ter Braak C., Thissen J., *The effects of car traffic on breeding bird populations in Woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads*, J. Appl. Ecol. **32** (1995), pp. 187-202
- [5]. Reijnen R., Veenbaas G., Foppen R., *Predicting the Effects of Motorway Traffic on Breeding Bird Populations*. Ministry of Transport and Public Works, Delft, The Netherlands (1995)