

## IMPATTO AMBIENTALE

# RETI ECOLOGICHE E MITIGAZIONE DELL'IMPATTO PAESAGGISTICO DELLE INFRASTRUTTURE VIARIE

## Un caso studio recente

Daniel Franco\*

### Introduzione

La realizzazione di assi viari a elevata intensità veicolare, come le superstrade o le autostrade, è uno dei motivi di maggiore impatto a scala di paesaggio relativamente ai processi di dissezione e conseguentemente frammentazione del paesaggio.

Tanto più un paesaggio risulta frammentato, tanto più diminuisce la connettività rispetto a vari processi paesaggistici. Per vero un'alta connettività per un determinato processo può avere tanto effetti positivi che negativi nella gestione di un paesaggio: ad esempio sia una elevata che una bassa connettività rispetto alla capacità di dispersione di una determinata popolazione possono stimolarne la persistenza, o una scarsa connettività può inibire la propagazione di fuoco, malattie, specie esotiche. Pertanto la gestione di questo parametro, strettamente processo-dipendente, può essere uno strumento utile nel governo di un paesaggio.

In paesaggi culturali di antica o antichissima antropizzazione, come quello del Nord Italia, la presenza di corridoi arboreo-arbustivi influenza da tempi remoti le dinamiche di popolazioni animali e vegetali e/o i flussi biotici, nonché i processi idrologici. La funzione di habitat dei corridoi vegetati è stata ben studiata per alcuni *taxa*, ed in generale si può affermare che questi ecotopi sono dominati da specie generaliste e di margine. Inoltre molte specie animali e vegetali sono limitate, nei paesaggi

attuali, ai sistemi forestali, beneficiando dell'effetto margine e della presenza di acqua spesso associata a questi impianti, che dunque contribuiscono in maniera effettiva alla biodiversità. Una lunga serie di lavori sperimentali indica infine la capacità dei sistemi agroforestali di favorire il *movimento* faunistico di svariati *taxa*. Le evidenze sulla capacità da parte dei corridoi arboreo arbustivi di promuovere il movimento delle piante sono più rarefatte, ma presenti.

Pertanto in un paesaggio come quello considerato la connettività dei sistemi arboreo arbustivi presenti è un buon indicatore, validato sperimentalmente, della possibilità di sopravvivenza di una serie di popolazioni animali e vegetali e dunque della bio-diversità (sebbene la risposta delle singole popolazioni a questo parametro sia strettamente specifica) e della efficienza di altri flussi paesaggistici come quelli idrologici, e, *last but not least*, di quelli percettivo-culturali.

Il presente lavoro deriva da uno studio-progetto sviluppato all'interno del complesso di attività per uno studio di impatto ambientale di un'opera viaria del Nord Italia.

L'opera ha avuto ed ha tuttora un iter tormentato, e non sarebbe pertanto opportuno esporre dei risultati su una procedura di valutazione *in itinere*. Pertanto lo scopo dell'articolo è quello di un approfondimento scientifico-metodologico sui criteri e sulle procedure adottate nella mitigazione degli impatti di un'opera viaria mediante la realizzazione di corridoi arboreo-arbustivi non necessariamente relativi alla specifica opera.

In questo articolo non si sono considerate le opere di mitigazione realizzate mediante sovra/sotto passi faunistici di varia natura, strumento importante per la riduzione degli impatti di queste opere rispetto ai flussi biotici nel paesaggio, e della stima quali-quantitativa degli abbattimenti inquinanti attraverso opportune modellazioni; infine non si sono riportate le previsioni di mitigazione in alveo previste in fase di cantiere e di esercizio per i corsi d'acqua.

### ANALISI DELLA RELAZIONE TRA ASSI VIARI E CORRIDOI VEGETATI ASSOCIATI

#### Le ripercussioni dirette per l'uomo

La realizzazione di bande arborate lungo gli assi stradali può assolvere ad una serie di funzioni di diretto interesse umano. Oltre a determinare una riqualificazione estetica dell'intervento infrastrutturale può ridurre la pericolosità dello spostamento, sia a proteggendo gli utenti che gli abitanti delle zone attraversate. Se gli elementi vegetali sono inseriti correttamente:

\* forniscono un'efficace contromisura alla stanchezza del guidatore aumentando l'attenzione del guidatore rispetto alle cambiamenti di direzione o di pendenza;

\* forniscono informazioni sulla velocità di guida e generano ombra nei periodi estivi;

\* svolgono un'utile funzione di difesa dalle raffiche di vento se strutturati a frangivento.

La presenza di una strada ed il traffico associato producono inevitabilmente un disturbo nel paesaggio attraversato, sotto l'aspetto visuale e ed inquinante.

\* Dottore forestale, libero professionista

L'inserimento di sistemi vegetali associati alla infrastruttura può esercitare una serie di misure protettive.

**Inserimento estetico-percettivo dell'opera:** il manufatto può essere schermato con fasce boscate che possono e devono essere anche utilizzate per migliorare l'inserimento nel paesaggio della striscia di asfalto; inoltre una serie di studi ha dimostrato come i paesaggi antropici dotati di reti ecologiche forestate siano sempre preferiti a quelli che ne sono privi.

**Inquinamento acustico:** la funzione di protezione può essere affidata almeno parzialmente a fasce boscate, in combinazioni di terrapieni vegetati o barriere antirumore vegetate.

**Inquinamento da sostanze chimiche:** le fasce vegetate hanno capacità variabili di funzionare da filtro per queste sostanze.

**Fuoriuscita dei veicoli:** la difesa dei non utenti aumenta con l'aumentare della protezione ai lati della strada.

### Le funzioni eco-paesaggistiche dei corridoi autostradali

Ampliando la prospettiva e utilizzando la terminologia propria dell'ecologia del paesaggio, le strade e le autostrade possono essere definite corridoi: i corridoi sono ecotopi di forma lineare con caratteri propri che differiscono dalle condizioni circostanti.

Posto che le autostrade non esplicano sostanziali funzioni di *trasmissione* per le specie diverse dall'uomo, se non per la dispersione di propaguli e semi favorita dal flusso veicolare, le funzioni paesaggistiche più caratteristiche sono concentrate sull'assorbimento e sull'origine di flussi paesaggistici, ed in alcuni casi di habitat.

#### Habitat

Le funzioni di habitat non sono ovviamente esplicate dal nastro d'asfalto in se, ma dai margini vegetati più o meno estesi e strutturalmente complessi che possono essere associati agli assi viari. Le caratteristiche e le potenzialità di questa funzione, specie-specifica, dipendono dalle dimensioni e dalla struttura dei corridoi ecologici associati.

#### Origine

Le autostrade generano flussi di inquinanti, dispersi sia dall'aria che dall'acqua, che vanno ad interessare regioni tanto più ampie quanto minori sono le misure per una loro intercettazione e trasformazione. Questi, in particolare i cloruri, vanno ad interagire con la

vegetazione quando inserita lungo i bordi stradali. Infine i margini delle autostrade possono generare, se non opportunamente gestiti, flussi di specie rustiche e aggressive (che resistono nelle condizioni ricordate), spesso esotiche, verso la matrice del paesaggio.

#### Assorbimento: aspetti floro-faunistici

La principale componente di questa funzione risiede nella elevata mortalità della fauna in attraversamento il nastro d'asfalto, che non risulta generalmente significativa, con tutte le eccezioni del caso, per i micro e meso mammiferi ed uccelli, ma può essere grave per i macromammiferi e per alcune specie rare.

Se i corridoi boscati associati agli assi viari funzionano da attrattori per molte specie (per il nutrimento, la protezione, la riproduzione), la elevata densità di potenziali prede attrae i predatori; però dalle conoscenze ad oggi acquisite questo effetto non risulta tale da generare rischi di estinzione nei predati, se non in casi particolari e non generalizzabili.

Il problema non è tanto legato, quindi, alla sottrazione di habitat, ma all'aumento della probabilità di estinzione delle subpopolazioni separate da questo tipo di barriera. La soluzione per una riduzione di questa fonte di mortalità risiede nella realizzazione di sotto e sovrappassi faunistici (dei quali non ci occuperemo in questo lavoro) strategicamente associate alla realizzazione di barriere (reti, staccionate).

#### Assorbimento: controllo dei flussi inquinanti originati dall'infrastruttura

Se il corridoio autostrada origina flussi di inquinanti, gli ecosistemi arboreo arbustivi associabili possono avere un impatto diretto sull'abbattimento degli stessi. In questo caso le piante possono essere usate da sole, in combinazione con elementi artificiali, o integralmente sostituite da queste.

#### Inquinamento atmosferico e sali

Gli inquinanti prodotti dal flusso veicolare possono essere gassosi (ossidi di carbonio, zolfo e azoto), non gassosi (metalli pesanti e sali), e particellari (carbonio, benzeni, gomme, micropolveri). La variazione delle concentrazioni di metalli pesanti (piombo, cadmio, zinco, ecc.) non sembra influenzata in maniera decisa dalla presenza di formazioni a filari; infatti la maggior concentrazione al suolo di questi inquinan-

ti scema nei primi 20 m dal margine a valori di fondo per aree mediamente antropizzate anche in assenza di queste barriere. Questa influenza aumenta invece nel caso di fasce boscate pluristratificate. Riferendosi a dati autostradali nazionali i valori di concentrazione di piombo nel suolo non sono differenziati a fra stazioni munite o prive di barriera vegetale a distanze superiori a 8-10 metri (vedi bibliografia di riferimento).

I sali comportano in concentrazioni elevate delle modificazioni strutturali del terreno e risultano fitotossici per molte specie vegetali, che devono essere adatte a queste condizioni edafiche in particolare nei primi metri di impianto.

Nel caso degli inquinanti particellari l'efficacia d'abbattimento da parte barriere vegetali deriva dalla capacità dei vari organi di fungere da superficie di trattenuta mentre per gli inquinanti gassosi si possono verificare assorbimenti diretti dei tessuti stomatici. Questi meccanismi portano al sequestro di sostanze inquinanti che vengono restituite al suolo in maniera dilazionata per l'abscissione degli organi accumulatori. Il tasso di accumulo di sostanze inquinanti nei vari comparti dell'ecosistema arboreo arbustivo risulta solo parzialmente efficace, mentre è il suolo che mostra le maggiori attitudini a complessare e/o trasformare le sostanze inquinanti presenti. I fattori che influenzano la capacità di trattenuta degli inquinanti atmosferici dei sistemi vegetati possono essere inquadrati come da letteratura.

**- Tipo di superfici.** L'efficacia delle superfici aeree (cortecce, foglie, ecc.) nel trattenere le sostanze inquinanti è determinata dalla durata del contatto e dalla loro maggiore o minore scabrezza. La capacità di trattenuta da parte delle foglie non è solo di ordine fisico (rugosità e/o pubescenza), ma chimico (presenza di cere in grado di legarsi alle sostanze inquinanti).

**- Fenologia.** La capacità di mantenere il fogliame durante tutto l'anno influenza la capacità di mantenere una superficie di trattenuta costante, anche se con picchi di inefficienza nei periodi di riposo. Inoltre le foglie semipersistenti (*Quercus pubescens*, *Carpinus betulus*) hanno una elevata capacità di assorbire inquinanti.

**- Effetto riparo.** L'effetto è determinato dalla presenza di microambienti aerei (tra foglie e rametti) favorevoli all'accumulo di inquinanti secchi. Questo è dovuto sia a motivi meccanici che alla creazione di un microclima favore-

vole rispetto all'umidità. L'effetto è funzionale alla densità della chioma

**- Potenzialità stomatica.** Gli inquinanti gassosi o molecolari possono venire assorbiti dagli stomi in relazione all'intensità degli scambi gassosi fra pianta ed atmosfera, regolata dall'evapotraspirazione e quindi dalla disponibilità idrica.

### Inquinamento acustico

L'effetto delle formazioni vegetali nel controllo del rumore è stato studiato per valutarne l'efficacia ed ottimizzarne le prestazioni. L'onda sonora è costituita dal movimento vibratorio dell'aria, e disperde la sua energia quando incontra degli ostacoli degradandosi, per attrito, in calore. Aumentando il numero e la complessità spaziale degli ostacoli, aumenta l'efficacia di abbattimento dell'energia sonora. Questa complessità è fornita, come nel caso della porosità delle barriere fonoassorbenti artificiali, dalla struttura alveolare e porosa del suolo corrispondente alla rizosfera, e delle strutture aeree della vegetazione. Nel caso delle barriere vegetali l'attenuazione è legata a vari fattori quali composizione specifica, struttura, disposizione, fenologia, ed eventuali problemi fitosanitari, che determinano la forma, dimensione e distribuzione degli ostacoli all'onda sonora.

Senza barriere fonoassorbenti, oltre i 150-200 metri l'effetto del rumore si riduce drasticamente per l'uomo (in funzione del traffico veicolare), ma non così per altre specie animali, influenzate a distanze anche superiori al chilometro. La protezione dal rumore pertanto ha senso, *per l'uomo*, in territori con una urbanizzazione diffusa e ravvicinata alla struttura viaria e generale per le specie animali più sensibili.

Sulla base degli studi compiuti (vedi bibliografia) l'attenuazione del rumore può arrivare fino a 10-12 dB a seconda delle specie usate, delle caratteristiche strutturali della barriera e della distanza del rilevamento. Il comportamento della barriera varia quindi in funzione della frequenza del rumore emesso: le strutture vegetali mostrano un campo di efficacia compreso tra 200 Hz e 2 kHz e tra 5 kHz e 8 kHz; il picco di sensibilità dell'orecchio umano è compreso tra i 2 e i 5 kHz. Ma i rumori da traffico veicolare hanno frequenze che vanno da circa 100 Hz a 10 kHz; coperto dall'azione della vegetazione anche se con diversa efficacia a seconda della frequenza in cui è emesso il rumore.

### Ottimizzazione degli interventi a scala di paesaggio

Per i motivi sopra ricordati si può considerare opportuno utilizzare i corridoi boscati come strutture di accompagnamento e mitigazione delle infrastrutture autostradali. In particolare nei paesaggi densamente antropizzati la realizzazione di tali corridoi può avere un importante ruolo ecopaesistico positivo non solo per la riduzione dell'impatto provocato dalla realizzazione dell'opera specifica, ma per la riqualificazione ecologica del paesaggio in senso più vasto.

I vantaggi che derivano da questi impianti sono non solo quelle associate alla fruizione diretta ed indiretta dell'uomo, e dalla funzione tampone rispetto agli inquinanti di varia natura, ma dalla creazione di nuovi habitat per le specie residenti e di flussi genici per le specie che si muovono entro o lungo questi sistemi.

In questo caso la loro realizzazione deve inoltre limitare l'accesso delle specie di maggiori dimensioni alla sede autostradale, deve essere accoppiata alla realizzazione di passaggi strategici per la fauna non volante e deve limitare il più possibile il diffondersi di specie esotiche.

I corridoi arborei arbustivi esplicano nel paesaggio una serie di funzioni che sono state inquadrare in cinque categorie dominanti che possono risultare particolarmente evidenti se tradotte in termini di beneficio in qualche modo valutabile dall'uomo, ad esempio beneficio sociale, beneficio estetico (miglioramento della qualità percettiva di un paesaggio), controllo dell'inquinamento diffuso, miglioramento della quantità e qualità della fauna (anche venatoria), biodiversità.

Le conoscenze attuali e quanto sopra ricordato permettono di dimostrare:

\* che le reti ecologiche di sistemi arboreo arbustivi, che in un paesaggio rurale diffuso in buona parte d'Italia corrispondono in buona misura a sistemi agroforestali, possiedono caratteristiche peculiari che non corrispondono alla somma degli effetti dei singoli ecosistemi;

\* che un'ottimizzazione delle caratteristiche specifiche ed intrinseche delle reti agroforestali è accompagnata dal miglioramento delle prestazioni di questi sistemi riguardo ai processi paesaggistici, che portano ad una riqualificazione complessiva del paesaggio e ad uno sviluppo di modelli sostenibili per il mantenimento dello stesso, in partico-

lare migliorano la qualità delle acque e la conservazione naturale;

\* che i corridoi arboreo arbustivi di mitigazione alla realizzazione di assi autostradali contribuiscono alla riqualificazione delle caratteristiche ecologiche del paesaggio non solo in base all'interferenza positiva con i flussi di inquinanti di varia natura, ma anche con quella con i flussi biotici naturali e con i flussi culturali (gradimento percettivo). Inoltre un'ottimizzazione delle caratteristiche specifiche ed intrinseche delle reti ecologiche è accompagnata dal miglioramento delle prestazioni di queste macrostrutture riguardo alla generalità dei processi paesaggistici, che portano ad una riqualificazione complessiva del paesaggio e ad uno sviluppo di modelli sostenibili per il mantenimento dello stesso. La qualità delle acque, la conservazione naturale e la percezione del paesaggio.

Pertanto l'inserimento e la calibrazione dei sistemi arboreo arbustivi di mitigazione autostradale con i sistemi presenti nel territorio è un'operazione necessaria per ottenere un effetto complessivo di riqualificazione a scala di paesaggio e non solo locale.

### CRITERI / OBIETTIVI DELLA PROGETTAZIONE

#### Scelta delle specie

La selezione e la scelta delle specie nella costruzione di impianti di mitigazione autostradale è essenziale perché dal punto di vista funzionale non esiste una specie che ottimizzi singolarmente le funzioni richieste (abbattimento rumore, protezione fauna, resistenza all'inquinamento, abbattimento inquinanti, ecc.), e dal punto di vista ecologico una struttura complessa risulta necessaria per le funzioni di habitat e corridoio richieste.

Quindi le scelte specifiche derivano da una serie di esigenze variabili in relazione alle condizioni locali e agli obiettivi generali, e vanno effettuate comunque in relazione:

\* alla maggior efficacia delle singole specie nell'abbattimento dell'inquinamento presente (gassoso e acustico);

\* alla resistenza all'inquinamento;

\* al massimo contributo alla biodiversità e alla riduzione dell'inquinamento genetico (utilizzo di specie e varietà autoctone e riduzione delle popolazioni di esotiche);

\* alla continuità della capacità filtrante (specie sempreverdi e/o semipersistenti);

\* all'adattabilità e facilità di manuten-

